VEB KOMBINAT
ROBOTRON

Elektronische Grundstufen



SOEMTRON

robotron

I n h a l t s v e r z e i c h n i s

Seite

V o r b e m e r k u n g

Dieser Lehrbrief soll eine Unterstützung sein für die Ausbildung von Wartungs- und Reparaturtechnikern der elektronischen Geräte aus dem VEB Büromaschinenwerk Sömmerda.

Es hat sich in der Vergangenheit gezeigt, daß die Ausbildung dieser Techniker gehemmt wurde durch das oft geringe Niveau elektronischer Grundkenntnisse der Lehrgangsteilnehmer. In diesen Lehrgängen sollen aber vor allen Dingen die elektronischen und logischen Zusammenhänge zwischen den einzelnen Baustufen, die praktische Anwendung der einzelnen Meß- und Prüfgeräte und die systematische Fehlersuche gelehrt werden. Außerdem wird ein sehr großer Teil der Zeit für praktische Übungen und zur Fehlersuche an defekten Automaten benötigt, um einen gut ausgebildeten Techniker zu erhalten. Aus diesem Grund ist es erforderlich, daß jeder Lehrgangsteilnehmer über ein bestimmtes Grundwissen am Anfang des Lehrganges verfügen muß.
Dieser Lehrbrief soll eine Lehrgangsvorbereitung sein. Aber er ist gleichzeitig so geschrieben, daß auch der schon ausgebildete Techniker sein Wissen auffrischen und vervollständigen kann. Die Erfahrung zeigt, daß bei vielen im Einsatz befindlichen Technikern noch Mängel in der Kenntnis des elektronischen Aufbaues der Abrechnungsautomaten und Tischrechner bestehen.

Voraussetzung zum Verstehen dieses Lehrbriefes sind aber Kenntnisse über Grundlagen der Elektrotechnik und der Halbleitertechnik. Diese Grundkenntnisse müssen vor dem Studium des Lehrbriefes unbedingt vorhanden sein. Bei Fehlen dieser Kenntnisse verweisen wir auf die zahlreich vorhandene allgemeinverständliche Grundlagenliteratur.

1. Der Transistor im Schaltbetrieb

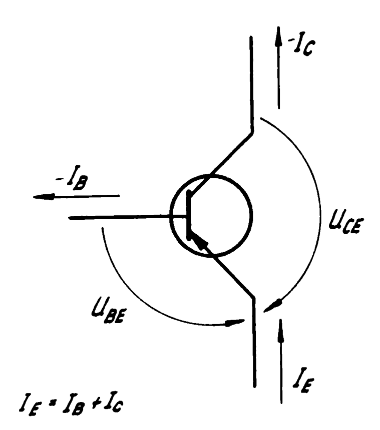
1.1. Allgemeines

In den meisten elektronischen Baustufen der EAA 382-385 und des ETR 220 wird der Transistor als elektronischer Schalter verwendet. Zur Analyse der einzelnen Schaltungen benötigt man deshalb Kenntnisse über den Transistor als Schalter und über sein Schaltverhalten. Zum Verständnis der nachfolgenden Ausführungen ist aber die Kenntnis der Grundlagen der Transistortechnik unerläßlich, die im Rahmen dieses Lehrbriefes nicht gebracht werden kann.

1.2. Spannungen und Ströme am Transistor

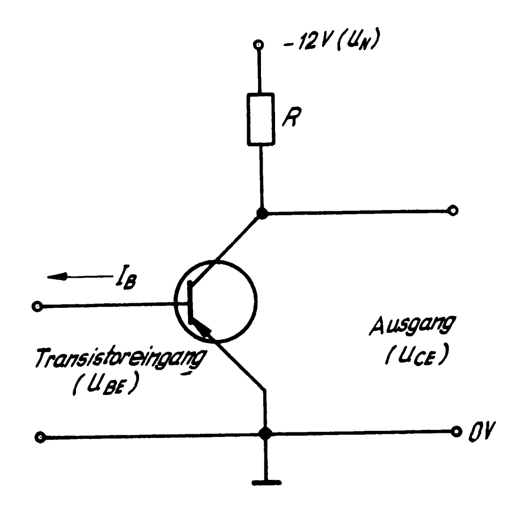


Zur Definition der Spannungen und Ströme gilt folgende Darstellung:



Als Bezugspunkt für die Spannungen am Transitor (Spannungsabfälle über dem Transistor) gilt der Emitter, wenn der Transistor im Emitterschaltung betrieben wird, was im allgemeinen Fall als Negativanwendung auch zutrifft. Der Transistor ist ein durch Strom (I_B) gesteuertes Verstärkerelement. Für die Verwendung in logischen Baustufen dient zur Kennzeichnung der Transistor-Eigenschaft die "Großsignal-Stromverstärkung"

Bis auf wenige Ausnahmefälle wird ein Transistor innerhalb einer Baustufe folgendermaßen eingesetzt: (Emitterschaltung)



Für eine solche Schaltung lassen sich 3 charakteristische Betriebsfälle angeben:

a) $I_B \approx 0$

Hierzu ist $U_{BE} = 0$ oder schwach positiv

Daraus folgt:

$I_C \approx \beta \cdot I_B \approx 0$

In diesem Zustand ist der Transistor gesperrt, und es fließt nur ein ganz niedriger Kollektorstrom (Kollektorreststrom). Damit wird der Spannungsabfall über R

$U_R = I_C \cdot R \approx 0$

und am Ausgang liegt

$U_{CE} \approx U_N$

b) Der Basistrom I_B und damit der Kollektorstrom $I_C \approx \beta \cdot I_B$ sind so groß, daß $U_R = I_C \cdot R \approx U_N$ ist.

In diesem Fall liegt am Ausgang die Spannung $U_{CE} \approx 0$ V

Ein weiteres Erhöhen des Basisstromes kann wegen $U_{CE} \approx 0$ keine Erhöhung des Kollektorstromes mehr bringen. In diesem Zustand ist der Transistor voll leitend.

c) Zwischen den beiden Fällen a) und b) liegt der Verstärkerbereich.
Innerhalb dieses Bereiches ergibt jede Änderung des Basisstromes eine entsprechende Änderung des Kollektorstromes und damit eine Änderung der Ausgangsspannung U_{CE}.

Die Betriebsfälle a) und b) sind Grenzfälle, bei denen der Transistor die Eigenschaft eines Schalters besitzt und zur Darstellung der Signale L und 0 benutzt wird.
Als Richtwerte für Spannungen und Ströme am Transistor (Germanium-Typen) gelten dann:

a) Transistor gesperrt:

$U_{BE} = 0$ oder schwach positiv

$I_B \approx 0$

$U_{CE} \approx U_N$

I_C: bei Transistoren mit geringer Verlustleistung 5 ... 80 µA
bei Transistoren mit großer Verlustleistung 20 ... 250 µA

b) Transistor leitend:

	Transistoren mit geringer Verlustleistung	Transistoren mit großer Verlustleistung
U_{BE}	- 0,15 V ... - 0,3 V	- 0,3 V ... - 0,6 V
I_B	150 µA ... 850 µA	1 mA ... 40 mA
U_{CE}	-.2,0 V ... - 0,5 V	- 0,3 V ... - 0,8 V
I_C	8 mA ... 50 mA	0,1 A ... 1 A

Aus den hier angeführten Werten ist zu erkennen, daß am Transistor-Eingang Spannungen anliegen, die sich von den logischen Signalen am Eingang der Baustufe wesentlich unterscheiden.

1.3. Der Transistor als Schalter

Es werden durchweg Flächentransistoren verwendet.
Einem idealen Schalter entspricht ein Transistor natürlich nicht, aber die heutigen modernen Schalttransistoren kommen in ihrer Wirkung dem idealen Schalter sehr nahe.
Ein ideales Schalterbauelement hat zwei extreme Arbeitslagen. Erstens einen unendlich kleinen und zweitens einen unendlich großen elektrischen Widerstand.

Einem idealen Schalter am nächsten kommt der mechanische Schalter, da im geschlossenen Zustand sein elektrischer Widerstand sehr klein ist, während er im offenen Zustand praktisch gegen unendlich geht.

Bild 1 zeigt das Kennlinienfeld eines Transistors in Emitterschaltung mit den beiden extremen Arbeitspunktlagen Ap' und Ap".

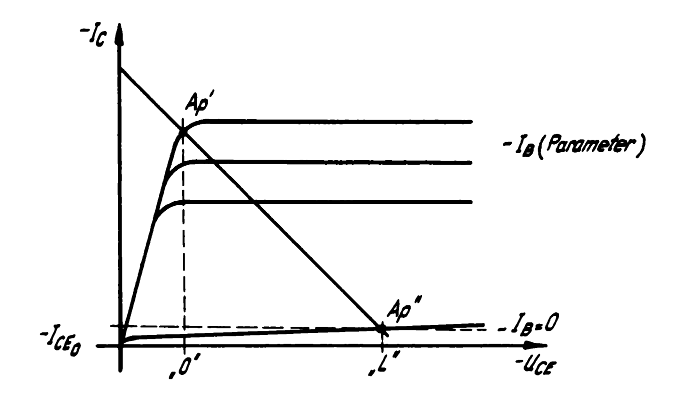


Bild 1: Kennlinienfeld eines Transistors in Emitterschaltung

Das Sperrverhalten (Schalter offen) ist nicht ganz ideal (Ap"), da bei einem Basisstrom von $- I_B$ = OA noch der Kollektorrestrom fließt und dadurch ein endlicher Sperrwiderstand entsteht. Auch der Widerstand in Durchlaßrichtung des Transistors wird nicht unendlich klein, wie es einem geschlossenem Schalter entsprechen würde. Aber diese beiden Arbeitspunktlagen reichen bei den entsprechenden Transistoren für Schaltanwendungen vollkommen aus. So kann man z. B. Sperrwiderstände von einigen 100 k und Durchlaßwiderstände von nur einigen Ohm erreichen. Das sind recht brauchbare Werte und die Transistoren spielen auch deshalb eine führende Rolle in der Rechentechnik.
Im Schaltbetrieb gibt es also für einen Transistor nur zwei feste Zustände. Er wird so angesteuert, daß er mit seinem Arbeitspunkt in den Sperrbereich (Ap") oder in den Durchlaßbereich (Ap') gelangt. Im Sperrbereich fließt fast kein Kollektorstrom (bis auf den kleinen Kollektorrestrom, da der Widerstand des Transistors sehr groß ist).
In dem Prinzipschaltbild (Bild 2) ist dieser Fall dargestellt.

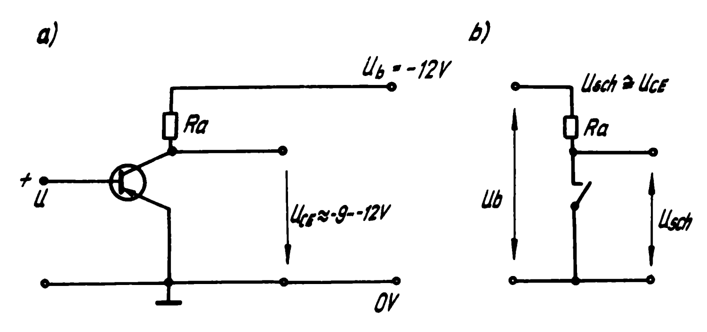


Bild 2: a) Prinzip für eine Schaltung mit gesperrten Transistor (Schalter offen)
b) Analog dazu eine entsprechende Schaltung mit einem mechanischen Schalter

Da der Transistorwiderstand jetzt sehr groß ist, fällt also fast die ganze Betriebsspannung Ub über den Transistor ab (U_{CE}).

Im Durchlaßbereich fließt ein großer Kollektorstrom, da der Widerstand des Transistors sehr klein ist.

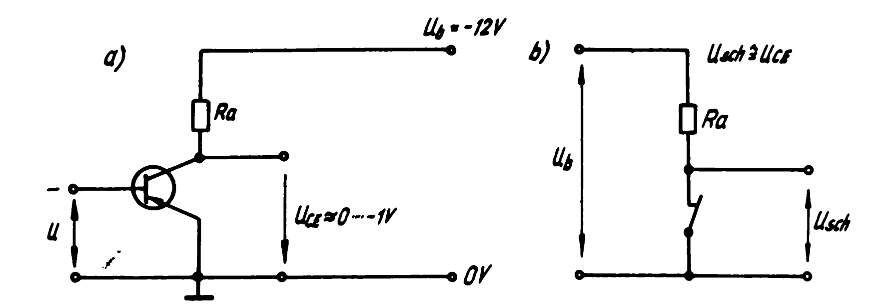
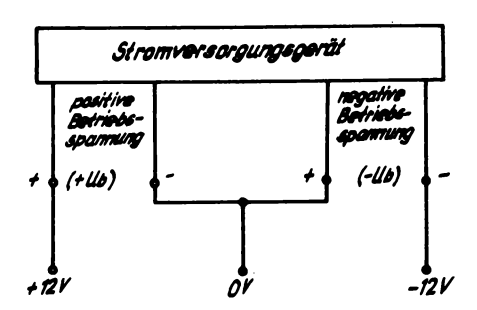


Bild 3: a) Prinzip für eine Transistorschaltung mit Transistor in Durchlaßrichtung (Schalter geschlossen)

b) Analog dazu eine entsprechende Schaltung mit mechanischem Schalter.

Da der Transistorwiderstand jetzt sehr klein ist, fällt fast die ganze Betriebsspannung (Ub) über den im Verhältnis viel größeren Arbeitswiderstand Ra ab. Dadurch wird U_{CE} sehr klein (etwa 0 ... - 1,0 V).
Diese beiden extremen U_{CE} - Spannungen werden Schaltspannungen genannt, und man kann mit ihnen z. B. die "O" und "L" des dualen Zahlensystems darstellen. Dabei spricht bei dem EAA der Transistor in Durchlaßrichtung der "O" und der Transistor in Sperrrichtung dem "L". Bei den kommenden Ausführungen werden bei den einzelnen Schaltungen die beiden auftretenden Schaltspannungen mit "O" und "L" bezeichnet, wobei die "O" einer Spannung etwa 0 ... - 2) V und die Zahl "L" einer Spannung von etwa (- 8 ... - 13) V entspricht.
Es werden in den elektronischen Schaltungen des Abrechnungsautom. meistens die Transistoren in Emitterschaltung verwendet. Die Emitterschaltung ist dadurch charakteristisch, daß der Emitter ein gemeinsamer Pol für den Eingang und Ausgang der Transistorschaltung darstellt.
Ein Transitor in Emitterschaltung ist also nach Bild 2 und 3 gesperrt, wenn eine positive Spannung zwischen Basis und Emitter anliegt bzw. in Durchlaßrichtung, wenn eine negative Spannung vorhanden ist.

In den Prinzipschaltungen Bild 2 und Bild 3 und in den meisten folgenden Schaltungen werden die Transistoren mit positiven und negativen Spannungen betrieben. Beachten Sie also, daß für diese Schaltungen zwei verschiedene Spannungsquellen verwendet werden. Dabei wird der Minuspol der positiven Spannungsquelle und der Pluspol der negativen Spannungsquelle zusammengeschaltet und als gemeinsamer Nullpunkt verwendet:



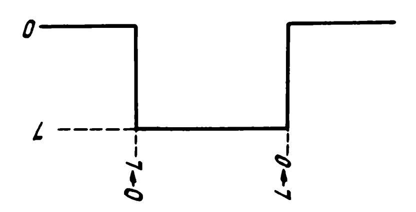
Näheres über die Stromversorgung wird im Abschnitt 10 beschrieben.
In den folgenden Ausführungen wird viel mit dem Ausdruck "Schaltflanken" gearbeitet.
Deshalb folgende Erklärung:

Negative Schaltflanke = Spannungssprung beim Umschalten von O nach L (O → L)

Positive Schaltflanke = Spannungssprung beim Umschalten von L nach O (L → O).

O = 0 bis - 2 V
L = -8 bis -13 V

Ein rechteckförmiger Spannungsimpuls hat also eine negative und eine positive Schaltflanke:



1.4. Übergangsverhalten beim Schaltbetrieb

Wird an die Basis eines Transistors in Emitterschaltung ein rechteckförmiger Spannungsimpuls gelegt, so wird je nach Polarität des Impulses der Transistor aus dem Sperrzustand in den Durchlaßzustand oder umgekehrt geschaltet. Der Übergang von dem einen Zustand in den anderen ist aber nicht zeitlos. Es tritt z. B. durch die innere Trägheit der Transistoren auf Grund von Diffusionseffekten in der Basiszone eine Verzögerung ein. Die Auswirkung soll das Diagramm (Bild 4) zeigen.

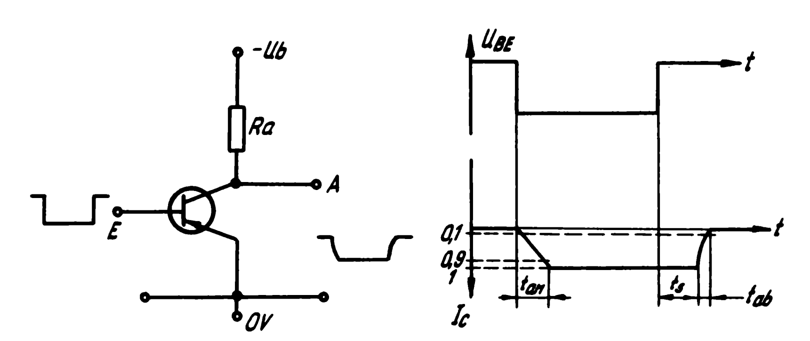


Bild 4: Diagramm zur Darstellung des Übergangsverhalten

Im Diagramm ist zur Verdeutlichung der Vorgänge etwas übertrieben die Dauer der Verzögerungszeiten gezeichnet worden. Der Stromimpuls und somit auch der Spannungsimpuls am Ausgang des Transistors ist also verformt und zeitlich etwas länger geworden.
Es entsteht eine Anstiegzeit t_{an}, eine Abfallzeit t_{ab} und unter bestimmten Voraussetzungen (Übersteuerung des Transistors) eine Speicherzeit t_s.

t_{an}: Zeitliche Dauer bis der Kollektorstrom I_c nach dem Einschalten auf den 0,9-fachen Wert des Endwertes steigt.

t_s: Die Zeit, bevor der Kollektorstrom nach dem Abschalten beginnt abzufallen.

t_{ab}: Beginnt nach der Speicherzeit und dauert bis der Kollektorstrom I_c auf seinen 0,1-fachen Endwert abfällt.

Diese entstandenen Verzögerungszeiten sind selbstverständlich nicht erwünscht und werden durch geeignete Schaltungsmaßnahmen gemindert. Eine Verkürzung der Anstiegzeit erhält man, wenn bei Betrieb in Durchlaßrichtung der Transistor stark übersteuert wird. Diese Übersteuerung des Transistors erreicht man, wenn die Basis mit einer Spannung angesteuert wird, die größer als die für die Steuerung in Durchlaßrichtung benötigte ist. Diese Übersteuerung wird wegen den dabei entstehenden kurzen Anstiegzeiten deshalb auch bei den meisten Schaltungen angewendet. Als Nachteil entsteht jetzt aber durch die starke Anreicherung der Basis mit Ladungsträgern beim Umschalten des Transistors in den Sperrbereich eine große Speicherzeit t_s. Damit man eine kurze Anstiegszeit und eine kurze Speicherzeit erhält, schaltet man vor den Transistor ein RC-Glied (Parallelschaltung von Widerstand R und Kondensator C). Durch dieses RC-Glied (Bild 5) wird beim Umschalten in den Durchlaßbereich der Transistor stark übersteuert. Beim Umschalten in den Sperrbereich ist aber diese Übersteuerung durch das RC-Glied wieder aufgehoben worden, und es entsteht deshalb keine größere Speicherzeit t_s.

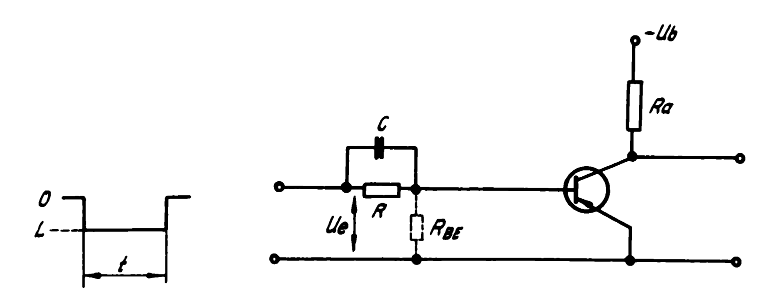
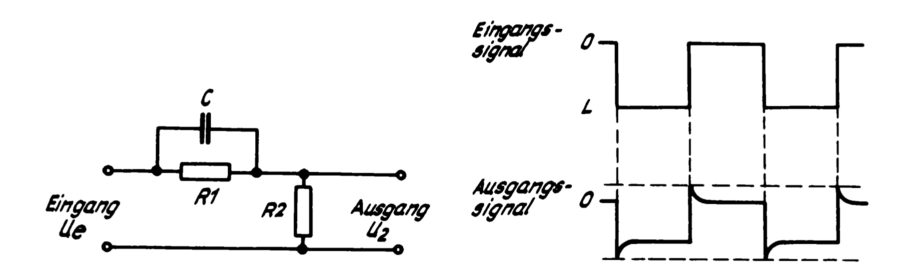


Bild 5: RC-Glied vor einem Transistor

Die Wirkungsweise dieses RC-Gliedes ist folgende: Für die negative Schaltflanke und für die konstante Spannung während der Zeit t wirken zwei verschiedene Spannungsteiler. Für die negative Schaltflanke wirkt der Spannungsteiler R_1C-Glied und R_2 (Bild 6).



Bei dieser Schaltung werden die Schaltflanken durch den Kondensator voll und der Gleichspannungsanteil entsprechend dem Verhältnis

$$\frac{R2}{R1 + R2}$$

übertragen.

Bild 6: RC-Glied aus Bild 5 als Teil eines Spannungsteilers gezeichnet.

R2 ist der Widerstand der Basis-Emitterstrecke des Transistors. Da C für die negative Schaltflanke ein sehr kleiner Widerstand ist, fällt also fast die ganze Spannung Ue über R_2 ab, wodurch der Transistor übersteuert wird. Nach der negativen Schaltflanke liegt während der Dauer t die konstante Spannung Ue an und der Kondensator C hat keine

Wirkung mehr auf den Spannungsteiler. Am Widerstand R_1 fällt ein großer Teil der Eingangsspannung Ue ab; somit liegt an der Basis eine kleinere negative Spannung an, wodurch die Übersteuerung wieder aufgehoben und dadurch die große Speicherzeit t_s verhindert wird.

2. Diode

Die angegebenen Werte beziehen sich auf Germanium-Halbleiter. Bekanntlich besitzt die Diode 2 Anschlüsse:

Anode (A)
Katode (K)

Beim Anlegen einer Spannung ergeben sich 2 Möglichkeiten:

a) Anode positiv gegenüber Katode:

Durchlaßbereich

Spannung zwischen Anode und Katode:

$U_{AK} \approx 0,5$ V

Strom in Flußrichtung:

$I_F \approx 1,2$ mA (bei Dioden)

b) Anode negativ gegenüber Katode:

Sperrbereich

Spannung zwischen Katode und Anode:

$U_{KA} \approx 6$ V ... 12 V

Strom in Sperrichtung (Reststrom):

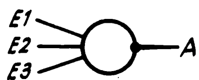
$I_R \approx 10\ \mu$A (bei Dioden)

Für in Einzelfällen eingesetzte Silizium-Dioden ergeben sich ein höherer Spannungsabfall in Durchlaßrichtung und kleinere Werte für den Reststrom.

3. Logische Baustufen

3.1. UND-Knoten (Konjunktion)

Der UND-Knoten gehört zu den logischen Grundschaltungen. Diese Schaltungen sind in der elektronischen Rechentechnik sehr wichtig und sollen bei bestimmten Eingangsbedingungen einen ganz bestimmten Ausgangswert haben.
Ein UND-Knoten hat im allgemeinen 2 ... 20 Eingänge und einen Ausgang. In bestimmten Fällen werden aus Gründen der Entlastung der vorhergehenden Stufen UND-Knoten mit nur einem Eingang eingesetzt. (Dies ist aber nur ein Sonderfall).
Symbol:



Ein UND-Knoten ist folgendermaßen definiert:

Am Ausgang A entsteht nur dann L, wenn an allen Eingängen auch L anliegt.
Wird einer oder mehrere der Eingänge 0, dann entsteht auch am Ausgang 0.

Bild 7 zeigt den elektrischen Aufbau eines UND-Knoten mit drei Eingängen.

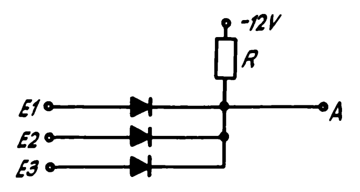


Bild 7: UND-Knoten

Wird an allen drei Eingängen L gegeben, dann sind alle drei Dioden in Sperrichtung gepolt.

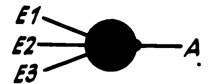
L = - 12 V

Da an den Punkten dieser Schaltung fast kein Spannungsunterschied herrscht und demnach kein nennenswerter Strom durch den Widerstand R fließen kann, entsteht auch kein Spannungsabfall an diesem Widerstand, und am Ausgang A liegt fast die negative Betriebsspannung - 12 V an, die dem L entspricht.
Wird aber dagegen an einem oder mehreren Eingängen 0 angelegt, dann sind die entsprechenden Dioden in Durchlaßrichtung gepolt und haben daher nur einen sehr kleinen Widerstand. Dadurch fällt fast die gesamte negative Betriebsspannung am Widerstand R ab, so daß am Ausgang A nur noch 0 entsteht. Bei einem UND-Knoten reicht es also, wenn auch nur ein Eingang auf 0 geschaltet wird, um den Ausgang ebenfalls auf 0 zu schalten.
In diesem Fall würde der Strom über die in Durchlaß gepolte Diode fließen und damit den großen Spannungsabfall am Widerstand R bewirken.
Soll der UND-Knoten mehrere Eingänge bekommen, dann wird zu jedem zusätzlichen Eingang eine Diode zugeordnet.

3.2. ODER-Knoten (Disjunktion)

Auch der ODER-Knoten gehört zu den logischen Grundschaltungen. Er hat im allgemeinen 2 ... 20 Eingänge und einen Ausgang. Zur Entkopplung zweier aufeinanderfolgender Stufen werden in bestimmten Fällen ODER-Knoten mit nur einem Eingang zwischengeschaltet. (Auch dies ist nur ein Sonderfall).

Symbol:



Der ODER-Knoten ist folgendermaßen definiert:

Am Ausgang A entsteht nur dann 0, wenn an allen Eingängen auch 0 anliegt.
Wird einer oder mehrere der Eingänge L, dann entsteht auch am Ausgang L.

Bild 8 zeigt den Aufbau eines ODER-Knoten mit drei Eingängen.

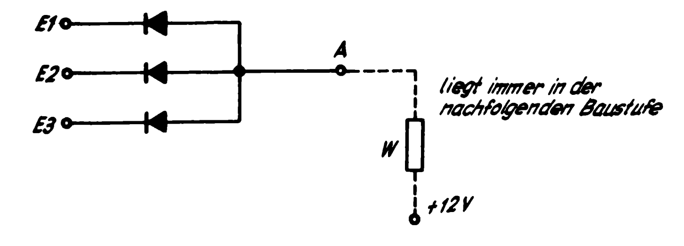


Bild 8: ODER-Knoten

Ein ODER-Knoten ist ein Prinzip nichts weiter als ein Knotenpunkt von mehreren Leitungen. Wird nun an allen drei Eingängen 0 gegeben, dann liegt auch am Ausgang 0 an. Gelangt aber an einen oder mehreren Eingängen L, dann werden die entsprechenden Dioden in Durchlaßrichtung gepolt und haben einen vernachlässigbaren kleinen Widerstand. Damit liegt auch am Ausgang A des Knotens ein L an.
Soll der ODER-Knoten mehrere Eingänge bekommen, dann wird zu jedem Eingang eine Diode zugeordnet.

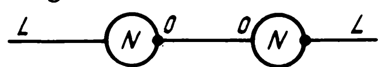
3.3. Der Negator

3.3.1 Allgemeines

Der Negator soll die logischen Funktionen der Verneinung verwirklichen. Ein L an den Eingang gelegt, ergibt eine 0 am Ausgang und umgekehrt. Ein Negator ist ein normaler einstufiger Transistorverstärker in Emitterschaltung. Deshalb erfolgt durch den Negator gleichzeitig eine Leistungsverstärkung.
Schaltsymbol:



Oft werden zwei Negatoren in Reihe geschaltet. Dadurch verlieren beide Stufen zusammen gesehen ihre logische Funktion, das Eingangssignal zu negieren. Es erfolgt also nur eine Leistungsverstärkung:



Es werden Negatoren oft nur für reine Verstärkungszwecke verwendet.

3.3.2 Beschreibung der Negatoren

Bild 9 zeigt die Schaltung der im EAA verwendeten Negatoren.

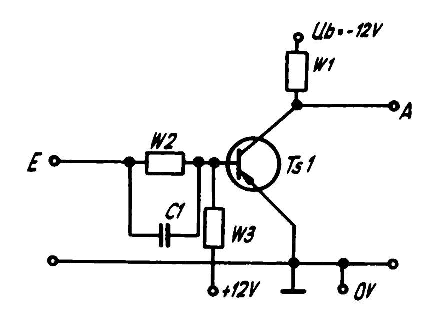


Bild 9: Negator

Die Basis ist über W3 positiv vorgespannt. Wird an Eingang E eine 0 gelegt, dann ist durch die große Vorspannung die Basis gesperrt. Dadurch fließt nur noch der Kollektorrestrom und am Widerstand W1 fällt kaum Spannung ab, wodurch fast die ganze Betriebsspannung über den Transistor abfällt und somit am Ausgang L anliegt. Wird an den Eingang ein L gegeben, dann wird die Basis negativ und somit der Transistor stark leitend; es fließt ein großer Kollektorstrom und an W1 fällt eine große Spannung ab. Im stark leitenden Zustand hat der Transistor einen geringen Widerstand. Die Spannung, die am Transistor anliegt (U_{CE}), wird sehr klein und somit entsteht am Ausgang eine 0. Das RC-Glied (C1, W2) soll das Schaltverhalten des Negators verbessern (siehe Abschnitt "Schaltverhalten des Transistors"). Anstelle des Lastwiderstandes W1 kann auch die Wicklung eines Relais treten. Dann kann man mit dem Negator Relais ansteuern.

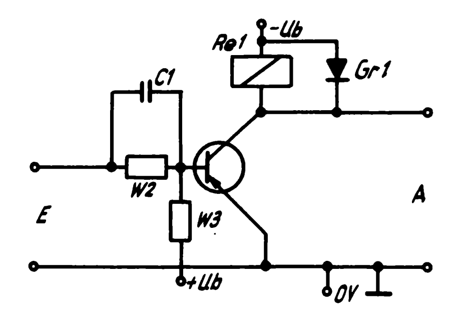


Bild 10: Negator zum Ansteuern von Relais

Die Diode Gr1 soll die beim Abschalten des Relais entstehenden Spannungsspitzen beschneiden.
In Abrechnungsautomaten werden mehrere verschiedene Negatortypen eingebaut.
Sie sind schaltungsmäßig alle gleich. Es werden nur durch Verändern des Kondensators, des Transistors und der Widerstände für den jeweiligen Zweck besondere Eigenschaften des Negators erreicht.

4. Verstärker



4.1. Allgemeines

Wenn man von einer elektronischen Baustufe (z. B. UND-Knoten, ODER-Knoten, Multivibrator) mehrere andere ansteuert, so kann die Ausgangsbaustufe stark überlastet werden. Deshalb werden aus Belastungsgründen Verstärker zwischengeschaltet, die als Leistungsverstärker ausgeführt sind und keine logische Funktion zu erfüllen brauchen. Sie haben einen großen Eingangswiderstand, der also die vorhergehende Stufe wenig belastet und einen kleinen Ausgangswiderstand, wodurch jetzt der Verstärker mit mehreren Baustufen belastet werden kann.

4.2. Leistungsverstärker V 564

Schaltsymbol:

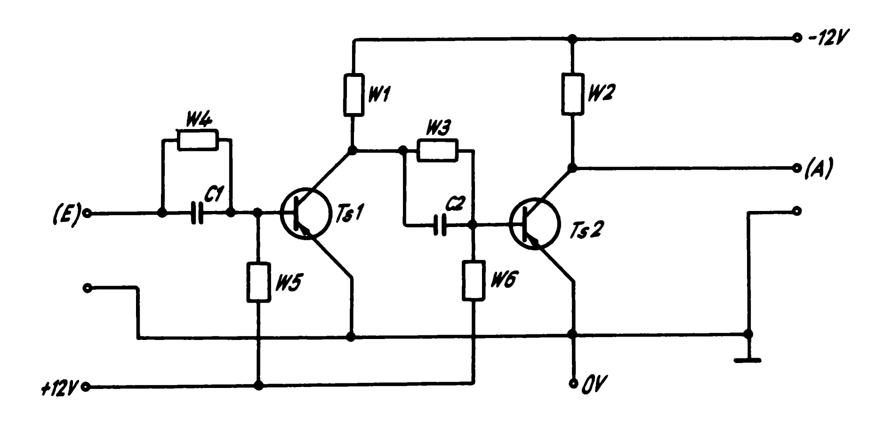


Bild 11: Leistungsverstärker V 564

Der Leistungsverstärker V 564 dient zur Verstärkung von Impulsen und als Schaltspannungsverstärker bei sehr starker Belastung. Man kann also mit einer Schaltspannung eine große Anzahl anderer Baustufen steuern.
Schaltungsmäßig besteht ein Leistungsverstärker aus zwei hintereinandergeschalteten Negatoren:

Deshalb brauchen wir auch hier den Leistungsverstärker nicht näher zu beschreiben. Die zweite Stufe des Leistungsverstärkers ist mit einem Leistungstransistor ausgestattet.

4.3. Relaisverstärker



4.3.1 Allgemeines

Der Relaisverstärker V 592 dient zur Ansteuerung eines Relais. Soll z. B. von einer Konjunktion (UND-Knoten) aus ein Relais angesteuert werden, dann reicht die Leistung nicht aus und es muß daher ein Relaisverstärker zwischengeschaltet werden.

Schaltsymbol:

4.3.2 Beschreibung des Relaisverstärkers V 592

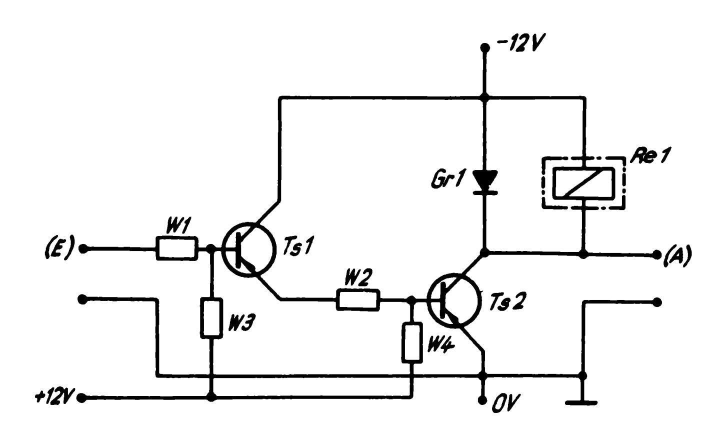


Bild 12: Relaisverstärker V 592

Der Relaisverstärker besteht aus zwei Verstärkerstufen; die erste ist in Kollektorschaltung (Ts1) und die zweite in Emitterschaltung (Ts2) ausgeführt. Eine Verstärkerstufe in Kollektorschaltung hat keine Negatorwirkung, daher wirkt nur die zweite Stufe als Negator und der gesamte Relaisverstärker also auch (Bild 13).



Bild 13: Die beiden Stufen des Relaisverstärkers

Gelangt eine 0 an den Eingang, dann bleibt der Transistor Ts1 und somit auch Ts2 gesperrt und das Relais zieht nicht an, da nur der Kollektorreststrom durch die Wicklung fließt. Gelangt ein L an den Eingang, dann liegt auch am Eingang des Ts2 ein L, Ts2 wird leitend und durch die Relaiswicklung fließt ein Strom, der das Relais erregt.

Die Relaiswicklung bildet also den Lastwiderstand zu Ts2.
Beim Abschalten des Stromes der Relaiswicklung treten Spannungsspitzen auf, die zur Zerstörung des Transistors führen können. Deshalb ist der Relaiswicklung noch die Diode Gr1 parallel geschaltet, die die Spannungsspitzen bedämpft.
Da die Eingangsstufe des Relaisverstärkers in Kollektorschaltung aufgebaut ist, erhält der Verstärker einen großen Eingangswiderstand. Dadurch belastet der Relaisverstärker die vorhergehende Stufe nur wenig.

4.4. Impedanzwandler

4.4.1 Allgemeines

Der Impedanzwandler wird an einigen Stellen im EAA 385 aus Belastungsgründen verwendet. Meistens wird er zwischengeschaltet, wenn von einem ODER-Knoten aus eine andere Baustufe angesteuert wird. Er hat einen großen Eingangswiderstand und einen kleinen Ausgangswiderstand, wodurch die vorgeschaltete Baustufe wenig belastet wird. Der Impedanzwandler ist eine Verstärkerstufe in Kollektorschaltung (Emitterfolger), der dadurch einen großen Eingangswiderstand besitzt.
Über eine logische Funktion verfügt der Impedanzwandler nicht, da hier nicht wie beim Negator eine Phasenverschiebung von 180° zwischen Ausgangs- und Eingangsspannung entsteht.
Schaltsymbol:



Bild 14 zeigt die Prizipschaltung eines Impedanzwandlers.

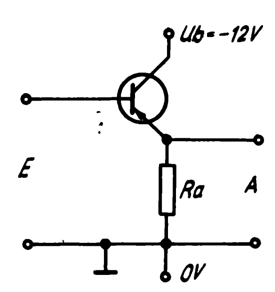


Bild 14: Prinzipschaltung eines Impedanzwandlers

Gelangt auf den Eingang E eine 0, dann wird der Transistor gesperrt. Es fließt nur noch der sehr kleine Reststrom durch den Transistor, und dadurch fällt am Arbeitswiderstand R_a nur eine sehr kleine Spannung ab, die dem Zustand 0 entspricht.
Gelangt auf den Eingang E ein L, dann wird der Transistor leitend und bekommt einen sehr kleinen Widerstand. Es fließt ein großer Strom und über dem Arbeitswiderstand R_a fällt eine große Spannung ab, die fast der Betriebsspannung U_b entspricht und L darstellt.

4.4.2 Beschreibung des Impedanzwandlers Y 840

Dieser Impedanzwandler (Bild 15) entspricht natürlich im Prinzip dem Schaltbild (Bild 14). Allerdings werden durch diese besondere Schaltungsanordnung gewisse Effekte erzielt.

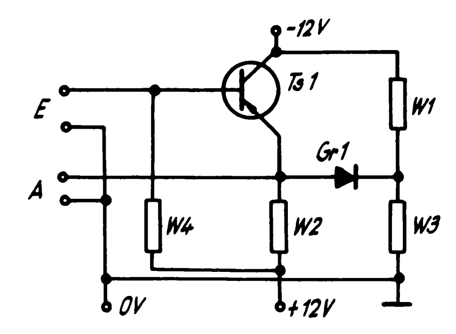


Bild 15: Impedanzwandler Y 840

Gelangt eine 0 an den Eingang E, dann fällt, wie schon erwähnt, am Arbeitswiderstand (hier W2) nur eine kleine negative Spannung ab, die Diode wird leitend. Da der Transitor gesperrt und die Diode in Durchlaßrichtung gepolt ist, fällt die positive Spannung + 12 V über W2 und W3 ab, wenn man den kleinen Widerstand der Diode vernachlässigt. Die negative Spannung - 12 V wird über den Spannungsteiler W1 und W3 aufgeteilt. Über W3 fallen also zwei Spannungen ab, die entgegengesetzt gerichtet sind und sich fast aufheben. Am Ausgang A erscheint also eine 0 (Diode ist in Durchlaßrichtung). Wird auf den Eingang ein L gegeben, so wird der Transistor stark angesteuert und bekommt einen kleinen Innenwiderstand. Deshalb fallen über dem Arbeitswiderstand W2 fast 24 V ab und am Ausgang A liegt gegen Masse L. Dies soll noch am Bild 16 erklärt werden, das eine Ersatzschaltung für den Spannungsabfall an W2 bei vernachlässigbarem kleinen Widerstand des Transistors und großem Widerstand der Diode darstellt. Die Diode ist ja jetzt gesperrt, da an ihrer Anode eine große, negative Spannung liegt.

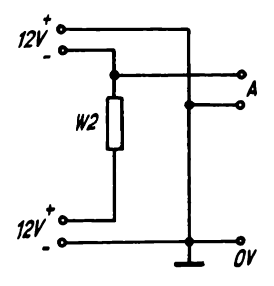


Bild 16: Ersatzschaltbild

Man erkennt deutlich, daß über W2 in erster Näherung 24 V abfällt, während am Ausgang A gegen Masse die Spannung - 12 V, also L, abgenommen werden kann. (Es handelt sich also um zwei getrennte Spannungsquellen, die in Reihe geschaltet sind). Im Prinzip würde der Impedanzwandler auch funktionieren, wenn der Spannungsteiler W1 und W3 fortfällt und die Katode der Diode an Masse gelegt wird. Jede Diode hat aber eine gewisse Schwellspannung U_S, und eine Diode wird erst dann leitend, wenn diese Spannung überschritten ist. Diese Schwellspannung würde sich jetzt bei Fortfall des Spannungsteilers W1 und W2 auswirken. Über den Spannungsteiler wird aber die Diode leicht negativ vorgespannt, wobei die Vorspannung dann die Schwellspannung aufhebt. (Bild 17).

4.5. Wiedergabeverstärker

4.5.1. Allgemeines

Beim "Kippen" der Ferritringkerne des Speichers (z. B. beim Umschalten von L → 0) entstehen Impulse, die in der Leseleitung induziert wurden und verstärkt werden müssen. In dieser Leitung entstehen allerdings positive und negative Impulse durch die besondere Anordnung der Leseleitung. Beide Impulse müssen aber gleichwertig verstärkt werden. Deshalb ist der Wiedergabeverstärker in Antiparallelschaltung aufgebaut worden. Das Ausgangssignal des Wiedergabeverstärkers soll eine positive Schaltflanke (L → 0) sein, denn mit dieser Schaltflanke sollen Flip-Flops getriggert werden.
Das Ausgangssignal kann unterdrückt werden, wenn der Steuereingang E 1 auf 0 gehalten wird.

Schaltsymbol: E2, E3 — ▷ — A; E1

4.5.2. Beschreibung des Wiedergabeverstärkers

Die Eingänge E2 und E3 werden an die Leseleitung angeschlossen.

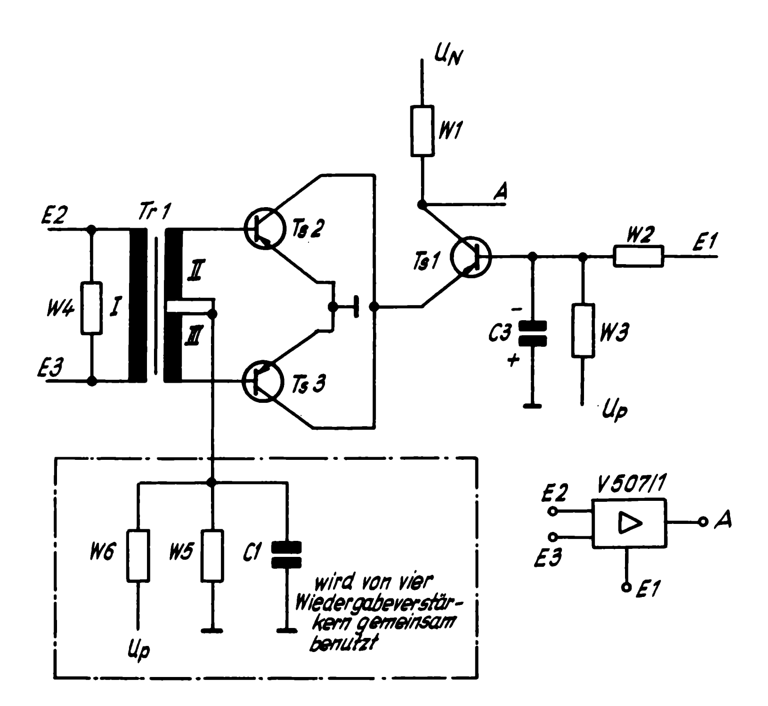


Bild 18: Wiedergabeverstärker V 507/1

Der Verstärker in der Antiparallelschaltung besteht im Prinzip aus dem Transformator Tr. 1 und den Transistoren Ts 2 und Ts3, die in Grundstellung gesperrt sind. E1 ist der Steuereingang, der an L liegen muß, wenn ein Ausgangssignal entstehen soll.
Die positiven und negativen Spannungsimpulse von etwa 30 mV gelangen auf den Transformator Tr. 1 und werden übertragen. Dabei wird je nach Polarität der Impulse der Transistor Ts2 leitend und der Ts3 bleibt gesperrt oder der Transistor Ts2 bleibt gesperrt und Ts3 wird leitend. Durch den ankommenden Leseimpuls wird also in jedem Fall

ein Transistor leitend. Im Kollektorkreis der beiden Transistoren Ts2 und Ts3 liegt noch der Ts1, der wie ein Schalter wirkt. Wenn kein Impuls auf den Eingang des Wiedergabeverstärkers E2 und E3 gelangt, liegt am Ausgang A die Spannung L an, da der Transistor Ts1 gesperrt ist. Am Ausgang A entsteht erst dann die positive Schaltflanke (L → 0), wenn der Steuereingang E1 = L ist und wenn durch einen Impuls auf E2 und E3 einer der beiden Transistoren Ts2 und Ts3 leitend wird. Zu diesem Zeitpunkt ist also der Ts1 und einer der Transistoren Ts2 oder Ts3 leitend.

Im Grundzustand ist die Basis des als Schalter wirkenden Transistors Ts1 über den Widerstand W3 positiv vorgespannt gegenüber dem Emitter. Dadurch ist Ts1 gesperrt. Wenn an den Steuereingang E1 aber ein L gelegt wird, dann gelangt über den Widerstand W2 eine negative Spannung an die Basis des Ts1, die der positiven Vorspannung überwiegt.

Damit keine kleinen Störimpulse verstärkt werden, müssen die Impulse eine bestimmte Amplitude haben, bevor sie verstärkt werden. Zu diesem Zweck wird die Basis von Ts2 über den Spannungsteiler W6, W5 und die Basis von Ts3 über den Spannungsteiler W7, W8 etwas positiv vorgespannt. Es können also nur diejenigen Impulse verstärkt werden, die diese positive Vorspannung überwinden können.

5. Einspeisung

Zur Ansteuerung der Kippstufen werden positive Nadelimpulse benötigt, die in den Einspeisungen erzeugt werden. Bild 19 zeigt die Wirkung der Einspeisung.

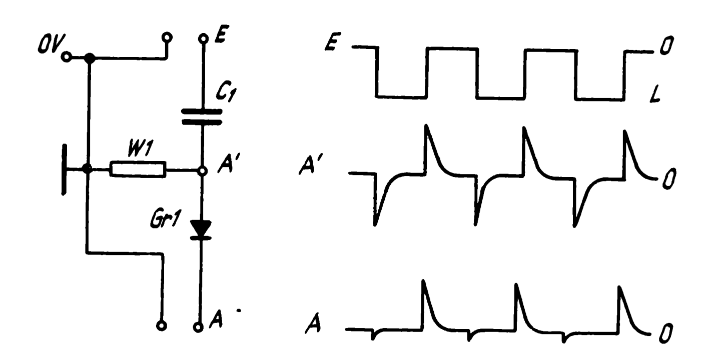


Bild 19 Wirkung der Einspeisung

Auf den Eingang E gelangen Rechteckimpulse oder andere Spannungssprünge von L → 0 oder 0 → L (positive und negative Schaltflanken). Durch die Wirkung des RC-Gliedes (W1, C1) werden aus den positiven und negativen Schaltflanken positive und negative Nadelimpulse (Punkt A'). Dabei ist zu beachten, daß die positiven Nadelimpulse jetzt über der Nullinie liegen, während am Eingang E die positiven Schaltflanken noch unterhalb der Nullinie sind.
Die Wirkung eines RC-Gliedes müßte allgemein bekannt sein. RC-Glieder kommen ja in jedem funktechnischen oder elektrotechnischen Gerät vor. Dieses RC-Glied soll also aus Schaltflanken Nadelimpulse erzeugen und wird Differenzierglied genannt. Diese Wirkung wird erreicht durch eine entsprechende Dimensionierung von C1 und W1.

Die Arbeitsweise des Differenziergliedes läßt sich leicht übersehen. Wird auf den Eingang E ein Spannungssprung 0 → L gegeben, dann wird durch den Kondensator C1 ein sehr großer Aufladestrom fließen, wodurch am Widerstand W1 eine große Spannung ab-

fällt. An A' liegt also zunächst kurzzeitig eine große negative Spannung an.
Je mehr sich aber der Kondensator C1 aufladet, desto größer wird der Spannungsabfall an C1 und am Punkt A' nimmt die negative Spannung sehr schnell ab. Bis zur nächsten Schaltflanke liegt am Punkt A' die Spannung 0V an, da durch den Kondensator kein Strom mehr fließen kann. Erst bei dem Spannungssprung von L → 0 am Eingang E wird sich am Punkt A' die Spannung wieder ändern.
Da der Eingang E jetzt an 0 und somit Wechselstrommäßig an Masse liegt, kann sich der Kondensator C1 über den Widerstand W1 entladen. Über W1 fließt also der Entladestrom, der aber die umgekehrte Richtung hat als der vorangegangene Ladestrom.
Im ersten Moment fließt natürlich ein sehr großer Entladestrom, der sich aber schnell vermindert. Durch ihn entsteht am W1 ein dem Strom entsprechender Spannungsabfall; dieser ergibt am Punkt A' durch seinen Verlauf den positiven Nadelimpuls.

Mit Hilfe des Differenziergliedes werden also positive und negative Nadelimpulse erzeugt. Da aber die Kippstufen nur mit positiven Nadelimpulsen angesteuert werden dürfen, müssen wir die negativen Nadelimpulse unterdrücken. Dies läßt sich sehr einfach mit einer Diode realisieren. Die Diode ist so gepolt, daß nur die positiven Nadelimpulse durchgelassen werden, während die negativen Nadelimpulse die Dioden sperren. Da sich die Halbleiterdioden nicht ideal sperren lassen, bleiben von den negativen Nadelimpulsen noch kurze Restimpulse übrig, die aber weiter keinen Einfluß mehr haben.
Der Sperrschwinger wird dagegen nur mit negativen Nadelimpulsen angesteuert, während die positiven unterdrückt werden. Dies erreicht man, wenn die Diode Gr1 umgepolt wird.

6. Kippstufen

6.1. Multivibrator

6.1.1. Allgemeines

Der Multivibrator (eigentlich astabiler Multivibrator) ist eine ohne äußeren Anstoß arbeitende Kippstufe und hat keine stabile Lage. Er hat die Aufgabe, eine periodische Folge von Rechteckimpulsen zu liefern (Impulsfolgefrequenz 20 KHz). Der Multivibrator dient als zentraler Taktgeber für alle Operationen.

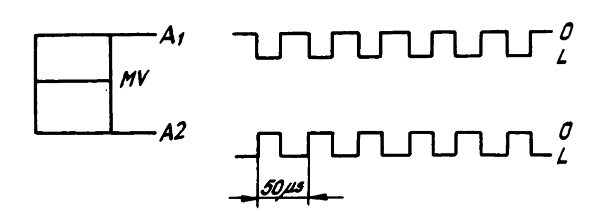


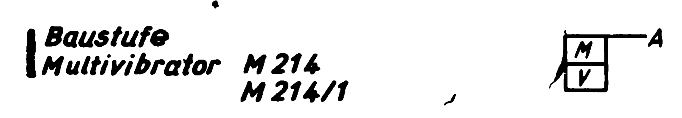
Bild 20: Multivibrator mit Rechteckimpulsen

Am Ausgang A2 entstehen die inversen (umgekehrten) Rechteckimpulse.

Von diesem Impulsen werden die positiven und negativen Schaltflanken benutzt. Bei einer Impulsfolgefrequenz von 20 KHz dauert die Zeit von einer positiven Schaltflanke zur nächsten positiven 50 µS.

6.1.2. Beschreibung des Multivibrators M 214 (Bild 21)

Es wird von einer Erklärung eines Prinzipschaltbildes Abstand genommen, da die Wirkungsweise der Schaltung leicht zu übersehen ist. Im Prinzip besteht der Multivibrator aus einem zweistufigen Transistorverstärker in Emitterschaltung, der sehr stark rückgekoppelt ist.
W2 und W5 sind die Arbeitswiderstände der Transistoren. Die Basisvorspannungen für die beiden Transistoren werden durch den Spannungsteiler W1 und W6 erzeugt und über die Widerstände W3, W7 der Basis des Transistors Ts2 oder über W4 der Basis des Transistors Ts1 zugeführt.



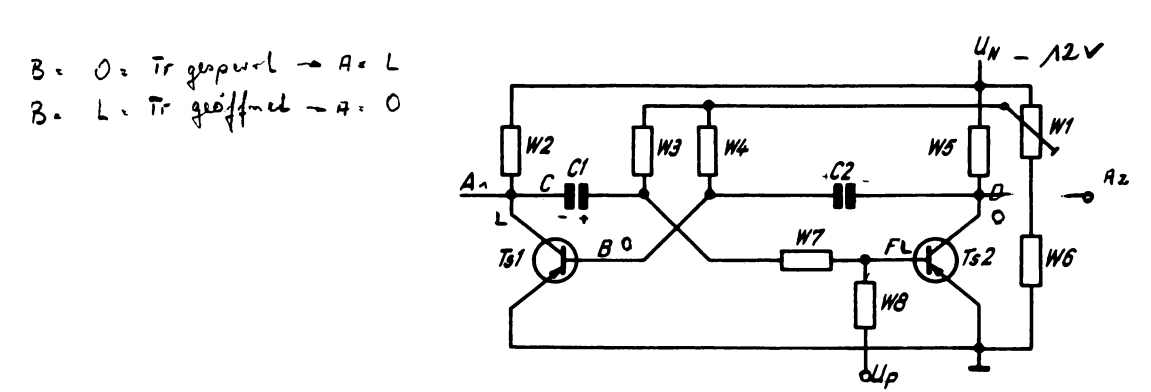


Bild 21: Multivibrator M 214

Zur Erklärung der Vorgänge im Multivibrator dient das Diagramm Bild 22, an dem man den Spannungsverlauf am Kollektor des Ts1, also am Ausgang des Multivibrators, an der Basis des Ts1 und des Ts2 verfolgen kann.

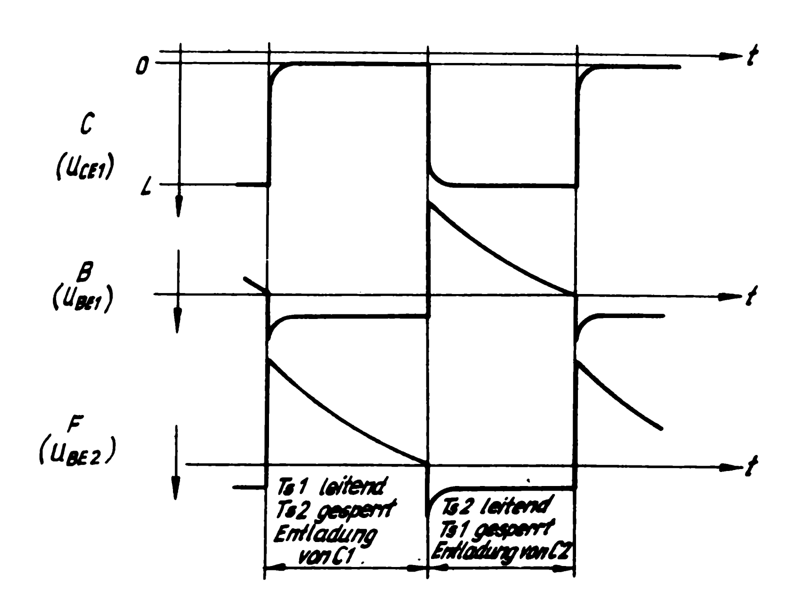
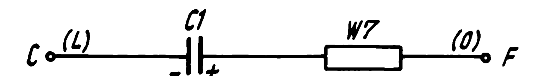
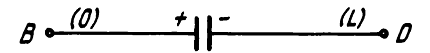


Bild 22: Spannungsverläufe beim Multivibrator

Am Kollektor des Ts2 könnte man die zum Ausgang A umgekehrten (inversen) Impulse entnehmen. Wenn man allerdings zwei Ausgänge vorsieht, dann muß ein Kompromiß in Bezug auf Flankensteilheit der beiden Rechteckimpulsfolgen geschlossen werden.
Die Wirkungsweise des Multivibrators besteht darin, daß die beiden Transistoren immer abwechselnd in den Durchlaß- und in den Sperrbereich gesteuert werden. Wenn also Ts1 leitend ist, dann muß auf jeden Fall Ts2 in Sperrichtung schalten. Danach wird nach einer bestimmten Zeit automatisch Ts2 leitend und Ts1 gesperrt. Dieser Vorgang wiederholt sich andauernd.
Zur Betrachtung der physikalischen Wirkungsweise des Multivibrators soll angenommen werden, daß mitten während des Schwingens des Multivibrators der Ts1 leitend und der Ts2 gesperrt wird.
Vor dieser Zeit war also der Ts1 gesperrt. Über W2 konnte kein Strom fließen und dadurch auch keine Spannung abfallen. Am Kollektor des Ts1 (Punkt C) lag L an, wodurch sich C1 aufladen konnte mit folgender Polarität:



Wenn also jetzt angenommen wird, daß Ts1 leitend und der Ts2 gesperrt werden, dann kann sich die positive Ladung des Kondensators C1 entladen über die Widerstände W3 und W1. Während des Entladevorganges von C1 wird aber gleichzeitig sofort C2 aufgeladen, da Ts2 gesperrt ist und am Punkt D demnach L anliegt:



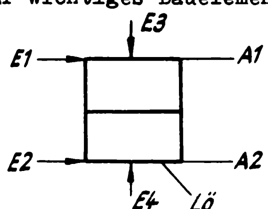
In dem Moment, wo am Punkt F die positive Ladung soweit abgebaut ist, daß die negative Spannung überwiegt, wird Ts2 leitend. Da vorher am Punkt D die Spannung L anlag, entsteht jetzt an diesem Punkt ein Spannungssprung von L → 0. Damit wird sofort der Kondensator C2 beginnen sich zu entladen. Die positive Ladung wird an der Basis des Ts1 (Punkt B) wirksam und sperrt den Ts1. Die Schaltung verharrt solange in diesem Zustand bis über W4 und W1 die positive Ladung von C2 soweit abgebaut ist, daß an der Basis von Ts1 die negative Vorspannung wieder überwiegt. Dann wird Ts1 leitend und der Kondensator C1, der sich wieder während des Entladevorganges von C2 sofort aufgeladen hatte, wird wieder seine positive Ladung über W3 und W1 abbauen, wodurch nach einer gewissen Zeit Ts2 leitend wird.
Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis die Betriebsspannung - 12 V abgeschalten wird. Am Ausgang A können die Spannungsumschaltungen abgegriffen werden, die dann unseren Rechteckimpulsen entsprechen.
Beim Einschalten der Betriebsspannung wird auf jedem Fall durch die Unsymmetrie der Schaltung ein Transistor gleich leitend und der Multivibrator kann anfangen zu schwingen. Mit dem Einstellregler W1 wird in der Produktion eine Impulsfolgefrequenz von 20 KHz eingestellt, da die Toleranz der Bauelemente einen Festwiderstand nicht gestatten. Bei Altern der Bauelemente kann man mit W1 wieder die Veränderungen ausgleichen.

6.2. Flip-Flop

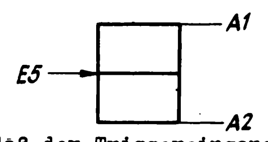
6.2.1. Allgemeines

Flip-Flop ist eine in der Industrie sehr verbreitete Bezeichnung für bistabilen Multivibrator. Es ist ein sehr wichtiges Bauelement in dem elektr.Abrechnungsautom.

Symbol:

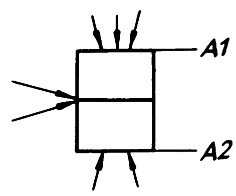


Ein Flip-Flop hat zwei Ausgänge (A1 und A2). In Grundstellung ist A1 = 0 und A2 = L. Diese Stellung ist die eine stabile Lage. Das Flip-Flop kann nämlich auch in der anderen stabilen Lage stehen: A1 = L und A2 = 0. Es hat also zwei stabile Lagen und wird daher auch als bistabiler Multivibrator bezeichnet. Bei einem astabilen Multivibrator (siehe Abschnitt 7.1) wechselt dagegen der Ausgang dauernd von L nach 0 und umgekehrt.
Der im Schaltsymbol dem Löscheingang Lö gegenüberliegende Ausgang (A1) ist im Grundzustand immer 0. Dieser Grundzustand wird durch den Löscheingang Lö erreicht. Beim Einschalten eines **Abrechnungsautom.** werden alle Flip-Flops über diesen Eingang in ihre Grundstellung geschaltet, indem kurzzeitig die Spannung 0 an Lö angelegt wird. Das Umschalten in den anderen Zustand wird als "Kippen" bezeichnet. Dieses Kippen erfolgt, wenn das Flip-Flop von positiven Nadelimpulsen angesteuert wird. (siehe auch Abschnitt 5). Da wir in dem Rechner mit Spannungssprüngen und rechteckförmigen Impulsen arbeiten, müssen wir erst aus diesen positiven Schaltflanken positive Nadelimpulse erzeugen. Zu diesem Zweck werden die schon behandelten Einspeisungen benutzt. In dem Schaltsymbol für das Flip-Flop sind für jeden Eingang schon diese Einspeisungen mit vorgesehen, denn wir brauchen für jeden Eingang eine Einspeisung. Die Pfeile sollen symbolisch die Einspeisungen darstellen. Aus diesem Grunde werden die Eingänge E1 ... E4 mit positiven Schaltflanken angesteuert, die dann aber in positive Nadelimpulse umgeformt werden.
Wird nun auf den Eingang E3 eine positive Schaltflanke gegeben, dann kippt der A1 auf L und A2 auf 0. Eine weitere positive Schaltflanke auf den E3 bleibt dann wirkungslos. Erst wenn auf den E4 eine positive Schaltflanke gelangt, wird wieder A1 auf 0 und A2 auf L gekippt. E3 und E4 werden Seiteneingänge genannt. Zu beachten ist, daß nur immer der Eingang das Flip-Flop kippen kann, deren gegenüberliegender Ausgang auf L steht. Da also A2 in Grundstellung auf L steht, kann der Eingang E3 die Grundstellung aufheben.
Soll nun das Flip-Flop bei jeder positiven Schaltflanke in den anderen Zustand schalten, dann benutzt man die Triggereingänge (E1, E2). Unter Triggern verstehen wir hier das Umschalten in den jeweiligen anderen Zustand des Flip-Flops. Die Triggereingänge E1 und E2 werden dann benutzt, wenn gleichzeitig 2 positive Schaltflanken auf 2 entgegengesetzte Eingänge gelangen (E1, E2).
Soll das Flip-Flop bei jeder einzelnen ankommenden positiven Schaltflanke triggern, dann werden die Eingänge E1 und E2 verbunden und dadurch auf beide Eingänge gleichzeitig die positive Schaltflanke gegeben. In dem Schaltsymbol wird diese für uns wichtigere Art der Triggerung vereinfacht dargestellt durch den Eingang E5:



Zu beachten ist jetzt aber, daß der Triggereingang E5 zwei Einspeisungen enthält, da er ja nur eine symbolische Vereinfachung der Zusammenschaltung von E1 und E2 dar-

stellt.
Ein Flip-Flop in dem Rechner wird meistens von mehreren Seiteneingängen und Triggereingängen angesteuert:



Beachten Sie aber die benötigte Anzahl von Einspeisungen:

5 Seiteneingänge = 5 Einspeisungen
2 Triggereingänge = 4 Einspeisungen

Also gehören 9 Einspeisungen zu diesem Flip-Flop.

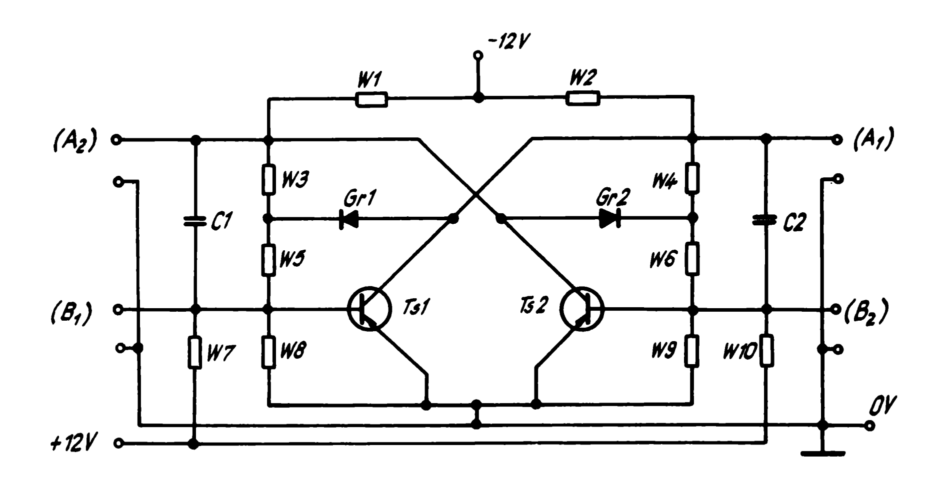


Bild 23: Schaltung des Flip-Flop F120

6.2.2. Beschreibung des Flip-Flop F120

Es soll angenommen werden, daß beim Einschalten des Abrechnungsautom. z. B. der Ts2 gesperrt und der Ts1 in Durchlaß geschaltet wird. Es fließt beim Transistor Ts1 ein großer Kollektorstrom, der an W2 einen großen Spannungsabfall erzeugt. Dadurch wird der negative Spannungsanteil für die Vorspannung der Basis des Ts2 geringer, es überwiegt der positive Anteil der Basisvorspannung und der Ts2 wird gesperrt; also liegt L am Ausgang A2.
Die Punkte B1 und B2 sind die Anschlußpunkte für die vorgeschalteten Einspeisungen (siehe Abschnitt: Einspeisung). An B1 werden die Einspeisungen der oberen Seiteneingänge und an B2 die der unteren Seiteneingänge angeschlossen.
Auch die Triggereingänge werden an B1 und B2 angeschlossen. Auf den schaltungstechnischen Unterschied werden wir aber noch später eingehen.
Es soll jetzt auf einen der im Schaltsymbol gezeichneten oberen Seiteneingänge eine positive Schaltflanke gegeben werden. Diese wird differenziert in der Einspeisung und am Punkt B1 wird der positive Nadelimpuls wirksam.
Dadurch wird der Ts1 gesperrt. Es entsteht an dem Kollektor von Ts1 ein negativer Spannungssprung (O L), der über C2 auf die Basis des Ts2 gelangt und diesen Transistor in Durchlaßrichtung schaltet. Am Kollektor des Ts2 entsteht nun ein positiver

Spannungssprung (L 0), der über C1 auf die Basis des Ts1 gelangt und die Sperrung durch den Nadelimpuls noch mehr verstärkt. In dieser Lage bleibt das Flip-Flop stehen, auch wenn an B1 noch mehr positive Nadelimpulse gelangen. Erst wenn an B2 ein positiver Nadelimpuls eintrifft, gibt das Flip-Flop den Ts1 frei, d. h. er wird leitend, und das Flip-Flop kippt wieder in die andere Lage.
W1 und W2 sind die Arbeitswiderstände der beiden Transistoren. Der negative Spannungsanteil der Basis des Ts1 wird durch den Spannungsteiler W1, W3, W5 und W8 erzeugt, der positive Anteil durch den Spannungsteiler W7 und W8. Dies gilt analog für die Spannungsteilerwiderstände am Ts2.
Damit der Kippvorgang sehr schnell vor sich geht, werden die positiven Nadelimpulse so stark gewählt, daß die Basis übersteuert wird, also daß die Basis mehr negative Ladungsträger erhält, als sie benötigt. Diese müssen aber, bevor der nächste Kippimpuls kommt, wieder abgeflossen sein. Bei hoher Frequenz der Impulseingabe können allerdings Schwierigkeiten auftreten, da beim schnellen Schalten die Ladungsträger noch nicht ganz abgeflossen sind. Deshalb werden die Dioden Gr1 und Gr2 eingebaut, die die überflüssigen Ladungsträger ableiten.
Es soll nun noch der schaltungstechnische Unterschied zwischen einem Seiteneingang und einem Triggereingang erläutert werden. Bei einem Seiteneingang wird der Widerstand W1 der Einspeisung an Masse (OV) geschaltet. Bei einem Triggereingang wird dagegen der Widerstand W1 an den zugehörigen Ausgang angelegt.

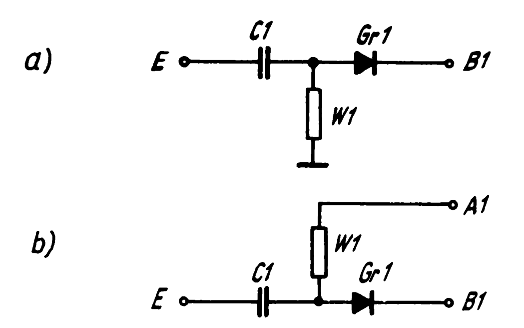


Bild 24: Einspeisung bei a) Seiteneingang, b) Triggereingang

Während der Seiteneingang jede ankommende Schaltflanke zu Nadelimpulsen umwandelt, arbeitet die Einspeisung des Triggereinganges nur dann, wenn zum Beispiel nach Bild 24 an A1 die Spannung OV anliegt. Ist jedoch der Ausgang des Flip-Flops A1 = L, dann wird durch diese negative Spannung über den Widerstand W1 die Diode Gr1 gesperrt und es kann kein positiver Nadelimpuls entstehen. Diese Schaltungsanordnung ist notwendig, weil bei Triggerung auf zwei verschiedenen Eingängen (E1 und E2) positive Schaltflanken gleichzeitig gelangen. Dabei soll aber nur immer der Eingang wirksam werden, der das Flip-Flop in die andere Lage kippen kann (Bild 25).

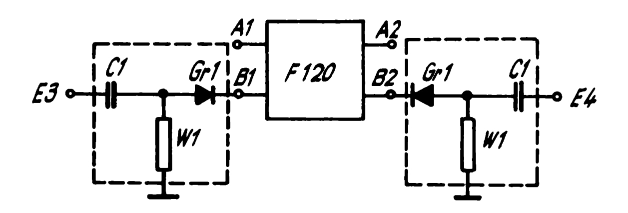


Bild 25a: Anordnung der Einspeisung bei Seiteneingängen

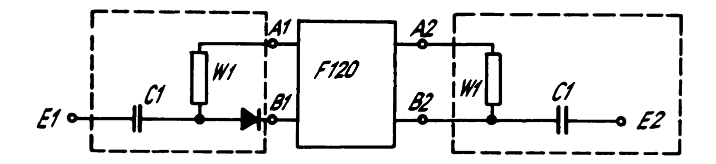


Bild 25b: Anordnung der Einspeisung bei Triggereingängen

Wir wollen uns noch an Bild 26 die Schaltung der Einspeisungen bei einem Flip-Flop mit mehreren Eingängen ansehen.

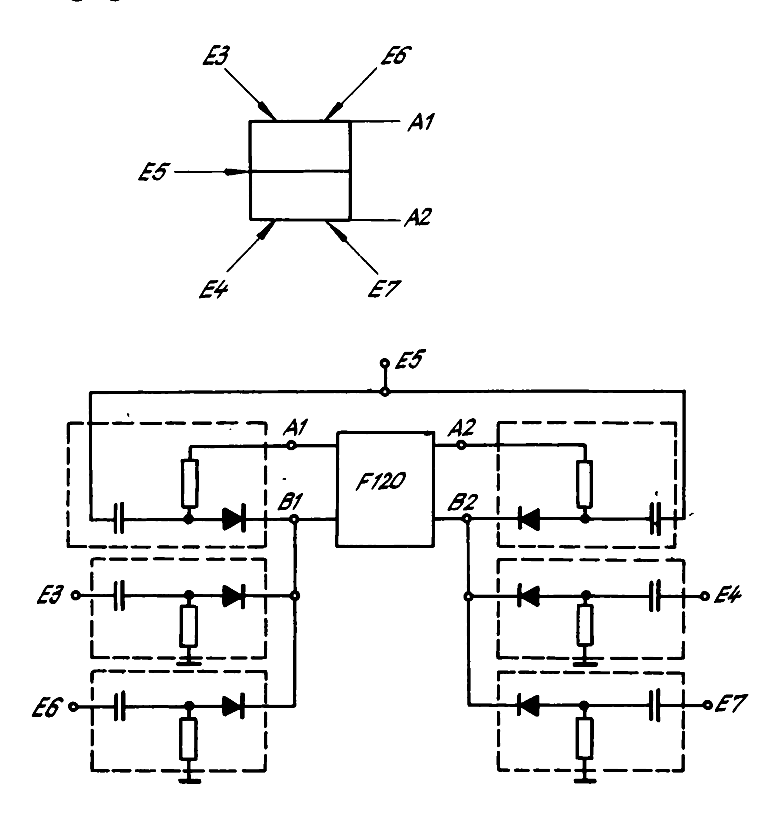


Bild 26: Flip-Flop mit mehreren Einspeisungen
a) Schaltsymbol
b) Ausgeführte Schaltung

Die Grundeinstellung der Flip-Flops geschieht über den Löscheingang Lö mit Hilfe einer Diode, die an denjenigen Ausgang gelegt wird, der in Grundstellung auf 0 stehen soll. In unserem Fall wird die Diode mit der Katodenseite an den Ausgang A1 angeschlossen (Bild 27).

Bild 27 s. Seite 24!

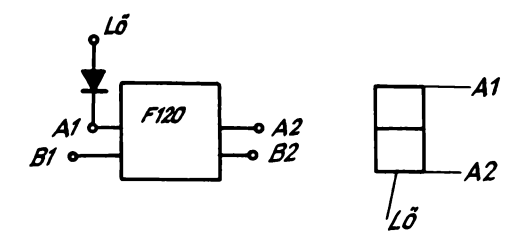


Bild 27: Löscheingang bei einem Flip-Flop

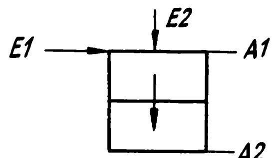
Soll das Flip-Flop in Grundstellung geschaltet werden, so wird an den Löscheingang Lö kurzzeitig eine Spannung von etwa 0 V angelegt. Ist der Ausgang A1 gerade L gewesen, dann wird die Löschdiode in Durchlaßrichtung gepolt und durch den dabei entstehenden großen Stromfluß fällt an W2 die ganze Spannung ab, wodurch der Ausgang A1 zu 0 wird. An A1 entsteht nun eine positive Schaltflanke, die über C2 übertragen, Ts2 sperrt. Ist jedoch A1 schon 0 gewesen, dann wird die Diode in Sperrichtung gepolt und es geschieht nichts weiter.

.3. Univibrator

.3.1. Allgemeines

Der Ausdruck Univibrator ist eine besondere in der Industrie stark verbreitete Bezeichnung für monostabilen Multivibrator. Auch der Ausdruck monostabiles Flip-Flop ist üblich.

Schaltsymbol:



In der Grundstellung steht der Univibrator auf A1 = 0, A2 = L. Wird aber auf den Eingang E1 eine positive Schaltflanke gegeben, dann kippt der Univibrator in die entgegengesetzte Lage, die aber nicht stabil ist, denn nach einer bestimmten Haltezeit kippt der Univibrator von selbst wieder in die Grundstellung zurück. Ein Univibrator kann deshalb für Verzögerungsschaltungen verwendet werden. Erfolgt die Ansteuerung des Univibrators nur über E1, dann braucht keine Einspeisung zur Umwandlung von positiven Schaltflanken zu positiven Nadelimpulsen vorgesehen werden, da eine Einspeisung schon mit in dem Baustein Univibrator vorgesehen ist. Soll jedoch noch ein zweiter Eingang vorgesehen werden (E 2), dann muß zusätzlich eine Einspeisung vorgeschalten werden. Dies ist der einzige Unterschied in der Darstellung der beiden Eingänge durch das Schaltsymbol.

3.2. Beschreibung des Univibrators U 196

Die Verhältnisse liegen hier ähnlich denen beim Multivibrator und Flip-Flop.

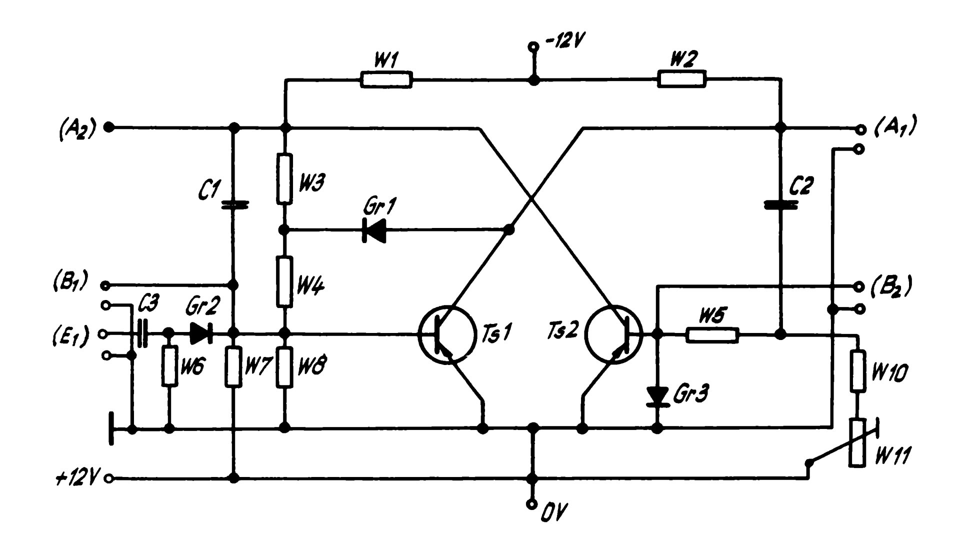


Bild 28: Schaltung des Univibrators U 194

Im Grundzustand ist Ts1 geöffnet und Ts2 gesperrt, da die Basis von Ts1 negativ und von Ts2 leicht positiv vorgespannt ist.
Wird nun an dem Eingang E1 eine positive Schaltflanke wirksam, so wird diese durch C3, W6 und Gr2 (Einspeisung) zu einem positiven Nadelimpuls umgeformt. Dieser gelangt auf die Basis des Ts1 und sperrt diesen Transistor. An seinem Kollektor entsteht eine negative Schaltflanke, die über C2 auf die Basis des Ts2 gelangt, ihn in Durchlaßrichtung schaltet und dabei stark übersteuert. Am Kollektor des Ts2 entsteht nun eine positive Schaltflanke, die über C1 auf die Basis des Ts1 gelangt und die Sperrung noch unterstützt. Durch W2 fließt nun außer dem Reststrom kein Kollektorstrom. Es entsteht kein Spannungsabfall an W2 und der Kondensator C2 kann sich deshalb aufladen.
Dadurch wächst das Potential der Basis des Tr2 in positiver Richtung bis dieser Transistor wieder gesperrt wird und an seinem Kollektor eine negative Schaltflanke entsteht, die über C1 wieder Ts1 in Durchlaßrichtung schaltet. Die Ausgangslage ist wieder hergestellt.
Die Dauer der Verzögerung wird Haltezeit genannt und hängt von der Größe des Kondensators C2 ab. Aber auch mit dem Einstellregler W11 kann die Haltezeit eingestellt werden, denn mit ihm wird die positive Vorspannung der Basis des Ts2 geregelt.

7. Leitungseingang

Soll von einem Kontakt aus ein UND-Knoten gesteuert werden, dann muß zwischen den Kontakt und dem UND-Knoten ein Leitungseingang zwischengeschaltet werden.

Schaltsymbol:

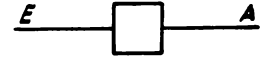


Bild 29 zeigt den elektrischen Aufbau eines Leitungseinganges. Es ist eine Spannungsteilerschaltung, die die Aufgabe hat, bei offenen Kontakt den UND-Knoteneingang auf 0 zu legen.

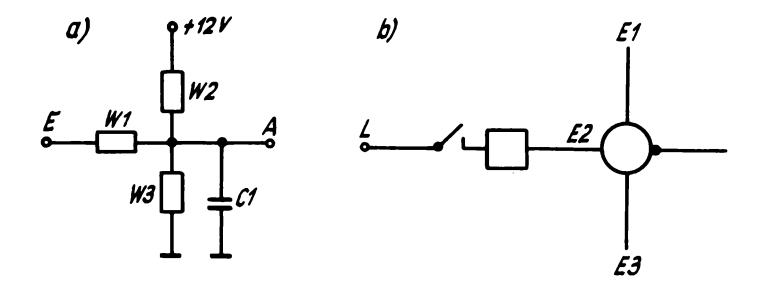


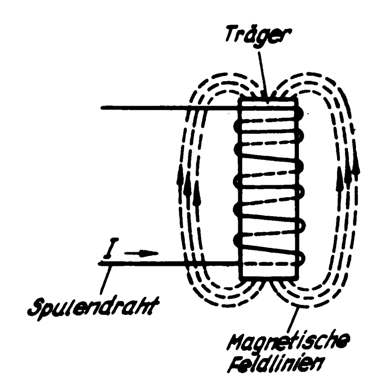
Bild 29: Schaltung eines Leitungseinganges
a) Elektrische Schaltung
b) Leitungseingang vor einem UND-Knoten

Wenn der Kontakt offen ist, dann soll der UND-Knoteneingang auf 0 stehen, damit auch der Ausgang des Knotens auf 0 geschaltet ist. Ohne Leitungseingang würde aber der Eingang E2 des UND-Knotens praktisch in der Luft hängen. Dadurch wirkt dieser Eingang nicht mehr als UND-Knoteneingang und wenn E1 und E3 auf L geschalten werden, dann ist auch der Ausgang des UND-Knotens auf L.
Wird aber der Leitungseingang zwischengeschaltet, dann wird bei offenen Kontakt der Spannungsteiler W3, W2 wirksam, der so dimensioniert ist, daß am Ausgang A des Leitungseinganges eine geringe positive Spannung entsteht. Es wird daher der UND-Knoteneingang sicher auf 0 geschaltet.
(Vergleichen Sie auch bitte den Abschnitt 2)
Wird dagegen der Kontakt geschlossen, dann wird an den Eingang E die Spannung L (- 12 V) gegeben. Es wirken jetzt zwei Spannungsteiler. Der Spannungsteiler W2, W3 erzeugt am Ausgang A eine geringe positive und der Spannungsteiler W1, W3 eine große negative Spannung. Es überwiegt also am Punkt A die viel größere negative Spannung. Die Spannungsteilerwiderstände sind so dimensioniert, daß die negative Spannung von - 12 V am Eingang E fast in der gleichen Größe auch am Ausgang A anliegt, also L an den UND-Knoteneingang gelangt. Da die Leitung vom Kontakt bis zum UND-Knoten oft sehr lang ist, können auf dieser Leitung Störimpulse entstehen. Aus diesem Grunde ist der Kondensator C1 noch mit vorgesehen, der für die Störimpulse ein Nebenschluß darstellt.
Es können mehrere UND-Knoten an einen Leitungseingang angeschlossen werden. Allerdings müssen wir dann die Widerstandswerte für W2 reduzieren.
Sollen ODER-Knoten über Kontakte gesteuert werden, dann muß man auch einen Leitungseingang zwischenschalten. Es ist der gleiche wie bei den UND-Knoten, allerdings entfällt der Widerstand W2.

8. Magnetische Bauelemente

8.1. Magnetische Werkstoffe

Bekanntlich erzeugt jeder fließende Strom in seiner Umgebung ein Magnetfeld. Diese Tatsache wird z. B. beim Elektromagneten ausgenutzt. Dadurch, daß der Draht zu einer Spule aufgewickelt ist, kommt es zu einer Konzentration der magnetischen Feldlinien auf engem Raum (große Kraftwirkung).
Die magnetischen Feldlinien sind dabei endlos gedachte Linien, die die Richtung der magnetischen Kräfte angeben.



Magnetisierbare Materialien (z. B. Eisen), die man in ein solches Magnetfeld bringt, können abhängig von ihrer Materialzusammensetzung folgende Eigenschaften aufweisen:

a) Nach Abschalten des Stromes ist das Material nicht mehr magnetisiert.
Man bezeichnet dieses Material als weichmagnetisch. Es wird für den Aufbau von Übertragern benutzt, da es leicht ummagnetisierbar ist.

b) Nach Abschalten des Stromes bleibt das Material magnetisiert.
Man bezeichnet dieses Material als hartmagnetisch. Es wird für den Aufbau von Speicherelementen benutzt, da es den durch das Eingangssignal (Magnetisierungsstrom) eingestellten Zustand so lange beibehält, bis eine Ummagnetisierung durch ein Eingangssignal umgekehrter Polarität erfolgt.

Für die jeweiligen Anwendungsfälle wurden Materialien entwickelt, die diese angeführten Eigenschaften weitestgehend besitzen.

Die magnetischen Eigenschaften lassen sich grafisch durch die Magnetisierungskurven darstellen:

a) Weichmagnetisches Material

magnetische Induktion B
(Stärke der Magnetisierung)

B

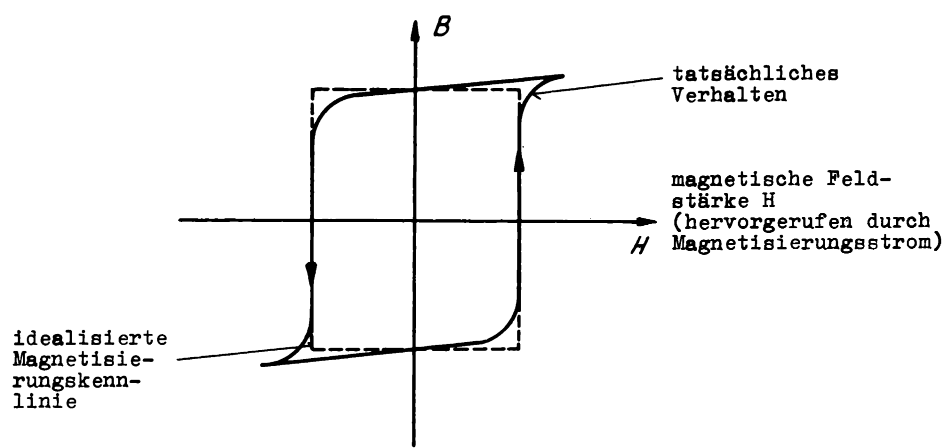
tatsächliches Verhalten

magnetische Feldstärke H
(hervorgerufen durch Magnetisierungsstrom)

H

idealisierte Magnetisierungskennlinie

b) Hartmagnetisches Material



Die in den Kurvendarstellungen angegebenen Pfeilrichtungen geben an, auf welchem Weg die jeweiligen Magnetisierungszustände eingenommen werden.
Die 2 wichtigsten Größen des magnetischen Feldes B und H sind vom jeweils fließenden Strom I abhängig. Es besteht folgender Zusammenhang:

Magnetische Feldstärke H

$$H = \frac{I \cdot N}{l}$$

Magnetische Induktion B

$$B = \mu \cdot H$$

I = Stromstärke
l = Länge der Kraftlinie
μ = Induktionskonstante
N = Windungszahl

Wir erkennen aus Obenstehendem:
Eine Änderung des Stromes I führt zu einer Änderung der magnetischen Feldstärke H sowie zwangsläufig zu einer Änderung der magnetischen Induktion B. Wenn sich jetzt der Strom von seinem höchsten positiven zum höchsten negativen Wert und wieder zurück ändert, so wird die Magnetisierungskurve einmal durchlaufen.

8.2. Der Übertrager (Transformator)

8.2.1. Allgemeines

Bekanntlich besteht jeder Transformator aus:

Eingangswicklung (Primärwicklung), (auch jeweils mehrere Wicklungen möglich)
Ausgangswicklung (Sekundärwicklung)
und dem Kern.

Durch die magnetischen Eigenschaften des Kerns sind Primär- und Sekundär-Wicklung induktiv fest miteinander gekoppelt.
Der durch die Primärwicklung fließende Strom magnetisiert den Transformatorkern.
Da die Sekundärwicklung auf dem gleichen Kern untergebracht ist, wird sie von dieser Magnetisierung durchsetzt, und es entsteht auch dort bei jeder Magnetfeldänderung, d. h. bei jeder Primärstrom-Änderung, eine Ausgangsspannung.
Gegenüber anderen Bauelementen besitzt der Transformator folgende Eigenschaften:
1. Primär- und Sekundärwicklung und damit Eingangs- und Ausgangs-Signal sind voneinander galvanisch getrennt.
2. Je nach dem Verhältnis der Windungszahlen für Primär- und Sekundär-Wicklung

("Übersetzungsverhältnis") kann ein Signal mit niedriger Spannung und hohem Strom in ein Signal mit hoher Spannung und niedrigem Strom übersetzt werden oder umgekehrt.

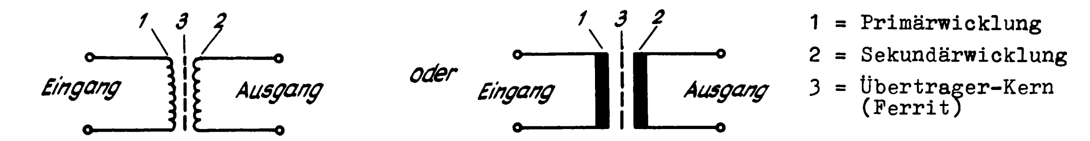
3. Übertrager können in beiden Richtungen betrieben werden. Man bezeichnet diejenige Wicklung als Primär-Wicklung, der die Energie zugeführt wird.

8.2.2. Einsatz als Impulsübertrager

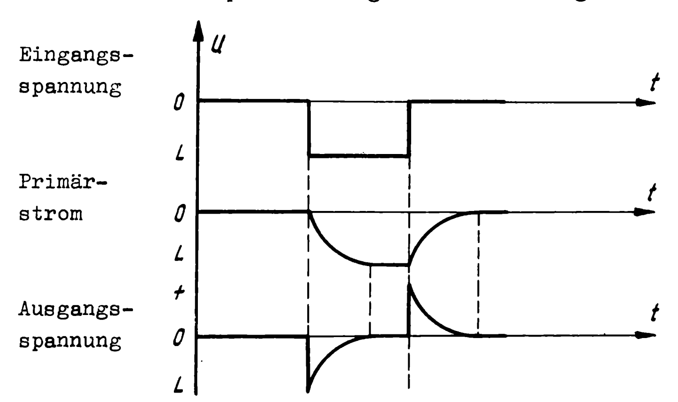
Für den Aufbau von Impulsübertragern werden im allgemeinen Kerne aus weichmagnetischem Material benutzt, die aus Ferritwerkstoffen bestehen.

Als Ferrite bezeichnet man magnetische Werkstoffe, die pulvermetallurgisch hergestellt sind.

Schaltsymbol:



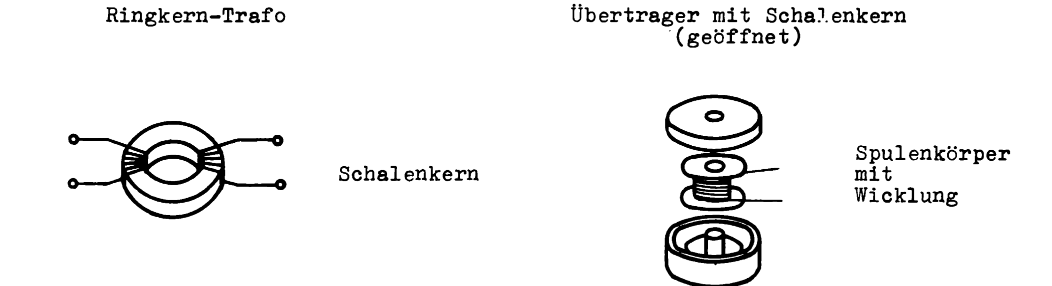
Verhalten der Impulsübertrager bei Zuführung von Impulsen:



Die Abweichung des Stromimpulses vom Eingangsspannungsimpuls ist durch die Eigenschaft der Trafowicklung (Induktivität - Strom eilt Spannung nach) begründet.

Bei jeder Änderung des Eingangsstromes entsteht eine Ausgangsspannung, damit ist die Form der Ausgangsimpulse nur von der Form der Flanken des Eingangsstromes abhängig.

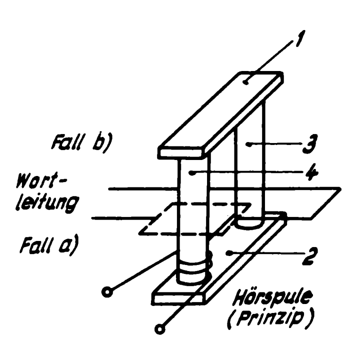
Im allgemeinen werden die Impulsübertrager als Ringkern-Transformatoren oder als Übertrager mit Schalenkern aufgebaut.



Eine Sonderform des Impulsübertragers wird in der Programm-Kassette angewendet. Hier besteht der Kern aus 4 Einzelteilen (Teile 1 ... 4). Die Primärwicklung ist ein einziger Draht (Wortleitung) und kann je nach Programmierung:

a) den Kern umschließend
b) den Kern nicht umschließend

geführt werden.

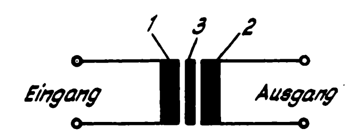


Ein Ausgangsimpuls entsteht nur dann in der Sekundärwicklung (Hörspule), wenn die Primärwicklung (Wortleitung) den Kern umschließt.

8.2.3. Netztransformator

Die Kerne der Netztransformatoren sind aus Blechen mit speziellen magnetischen Eigenschaften ("Dynamoblech" - weichmagnetisch) zusammengesetzt (geschichtet). Dieser Aufbau ist wegen der hier geforderten Eigenschaften (hohe Leistungs-Übertragung; Eingangsspannung bzw. Eingangsstrom sinusförmig, allg. 50 Hz) erforderlich.

Symbol (Trafo allgemein):



1 = Primärwicklung
2 = Sekundärwicklung
3 = Trafo-Kern

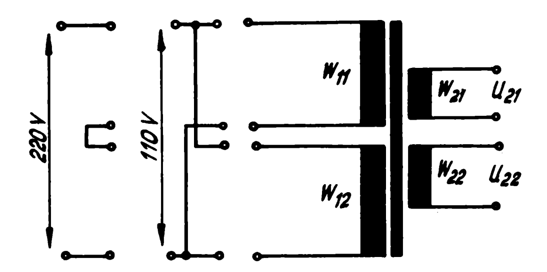
Bei Netztransformatoren gilt mit guter Näherung:

1) $\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2}$ (Übersetzungsverhältnis)

U_1 = Primärspannung
U_2 = Sekundärspannung
w_1 = Windungszahl der Primärwicklung
w_2 = Windungszahl der Sekundärwicklung

2) $U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2$ (Primärleistung = Sekundärleistung)

Beispiel für einen Trafo mit umschaltbarer Primärwicklung (110 V, 220 V) und 2 Sekundärwicklungen:



Die speziellen Angaben über die verwendeten Netztransformatoren erfolgen im Zusammenhang mit der jeweiligen Gerätebeschreibung.

9. Arbeitsspeicher

Der in den EAA verwendete Arbeitsspeicher ist ein Ferritkernspeicher, der gegenüber anderen Speichertypen alle Vorteile der magnetischen Speicherung besitzt. Die äußerst kurze Zugriffszeit von einigen Mikrosekunden (im Gegensatz zum Trommelspeicher, der andererseits noch den Nachteil der rotierenden Bewegung besitzt) und damit die Möglichkeit einer einwandfreien Taktierung sind die entscheidenden Vorteile des Magnetkernspeichers.
Jedes Bit ist in einem anderen Ferritkern gespeichert; es kann ohne Verzögerung eingespeichert oder abgelesen werden. Da keine mechanische Bewegung stattfindet, werden die Ferritkerne nicht abgenutzt und sind so unendlich lange funktionstüchtig. Der Magnetkernspeicher ist ein permanenter Speicher; das bedeutet, die Daten gehen nicht verloren, wenn der Einschreibvorgang abgeschlossen ist. Nach dem Lesen wird die Information im Speicher zerstört und muß neu eingeschrieben werden, soll sie noch einmal benötigt werden.

Der größte Aufwand der Zentraleinheit liegt im Speicherwerk. Zum gesamten Arbeitsspeicher ASp gehören die Steckeinheiten mit den entsprechenden Ferritkern-Speicherebenen, die jeweilig erforderlichen Ansteuerstufen zum Einschreiben und Lesen der Daten und die Aufzeichnungsverstärker, die die beim Lesen entstehenden Impulse für eine weitere Verarbeitung in der Anlage aufbereiten.

Nachfolgend sollen die Arbeitsweise eines Ferritkernes, der gesamten Speicherebene und der Steuerschaltungen genauer betrachtet werden.

9.1. Der Ferritkern

Der Ferritkern ist eine Ein-Bit-Speicherzelle. Er ist ein Magnet, der abhängig von dem Strom, der durch eine um ihn gelegte Spule fließt, in positiver und negativer Richtung gesättigt werden kann. Das für die Speicherebene verwendete Material besitzt eine hohe Remanenz, so daß ein großer Teil des magnetischen Flusses, der beim Anlegen eines Stromimpulses entsteht, im Kern erhalten bleibt. Durch unterschiedliche Stromrichtung und damit unterschiedliche Magnetisierung können zwei feste Zustände eingestellt werden, die jeweils mit "L" bzw. "O" definiert sind. Der Ferritkern ist deshalb ein rein binäres Element, da er nur einen von zwei stabilen Zuständen einnehmen kann und schnell von dem einen in den anderen Zustand wechselt. Er benötigt zur Aufrechterhaltung seines Zustandes keine Leistung - d. h. der Strom kann nach dem Einstellen des entsprechenden Zustandes abgeschaltet werden -, er zeigt jedoch auch seinen Zustand nicht an. Sowohl zum Umschalten als auch zum Ablesen des Zustandes der Kerne müssen Impulse verwendet werden.

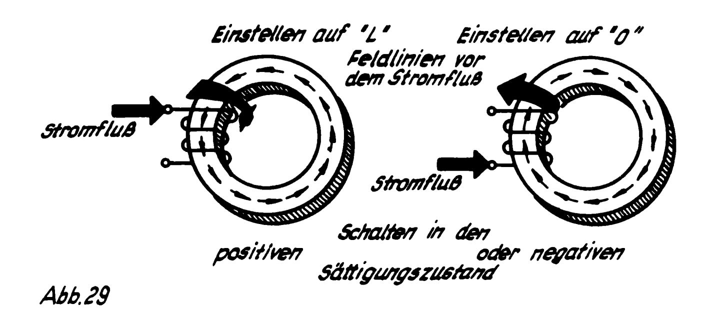


Abb.29

Die Kerne sind im allgemeinen ringförmig, denn ein kleiner magnetischer Ring bietet dem magnetischen Fluß einen geschlossenen Weg. Die Umschaltzeit des Kerns von dem einen in den anderen Zustand hängt entscheidend vom Kernmaterial ab und ist außerdem proportional zu den Abmessungen des Kerns. Da aber die Umschaltgeschwindigkeit in Rechenmaschinen eine bedeutende Rolle spielt, müssen die Kerne möglichst klein sein. Ihr üblicher Durchmesser (außen) liegt etwa bei 1 ... 2 mm, die Umschaltzeiten betragen dann wenige Mikrosekunden. Die in den EAA verwendeten Ferritkerne haben einen Außedurchmesser von 2 mm und eine Umschaltzeit von ca. 3 Mikrosekunden.

Die wichtigsten Eigenschaften der Ferritkerne werden am besten aus der Betrachtung der Hystereseschleife klar. Die Hystereseschleife ist die grafische Darstellung der Flußdichte B (Anzahl der magnetischen Feldlinien pro Flächeneinheit) in einem magnetischen Material über der Feldstärke H, die diese Flußdichte erzeugt.
Für jeden Kern, der mit einer Wicklung gekoppelt ist, ist die Feldstärke H einmal proportional den durch die Wicklung fließenden Strom und andererseits der Anzahl der Windungen um den Kern. Es gilt also

$$H = I \cdot w \qquad (w = \text{Windungszahl})$$

Damit ergibt sich, daß ein Kern voll magnetisiert wird bei einem bestimmten Wert des Produktes I . w, d. h., wenn der Strom genügend groß geliefert werden kann, darf die Windungszahl entsprechend klein sein (und umgekehrt). Diese Tatsache ist für den Aufbau von Ferritkern-Speicherebenen von besonderer Bedeutung.

Bei Kernen mit (angenähert) rechteckiger Hystereseschleife (s. Abb. 10) bleibt der größte Teil des Flusses bestehen, wenn die Feldstärke H - also der Stromfluß durch die Wicklung - aufhört. Es existiert also ein großer Restmagnetismus (Remanenz).

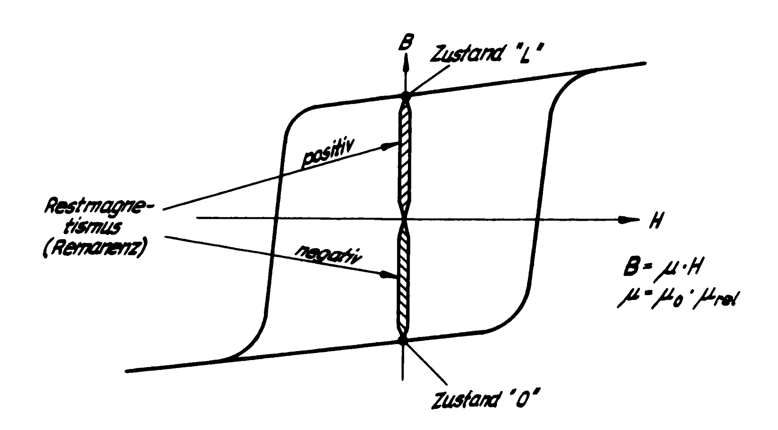


Abb. 30: Hystereseschleife eines Ferritkernes

Das gilt sowohl für den positiven als auch für den negativen Bereich der Hystereseschleife. Der andere entgegengesetzte magnetische Zustand wird dann erreicht, wenn durch die Wicklung ein entsprechend großer Strom in umgekehrter Richtung geflossen ist, d. h., die Feldstärke H einen genügend großen Wert in entgegengesetzter Richtung angenommen hat.

Die Herstellung des jeweiligen magnetischen Zustandes erfolgt also mitteils entsprechenden Stromfluß durch eine um den Kern gewickelte Spule. Wie aber kann der jeweilige Zustand abgefragt werden? Das geschieht in der Weise, daß der Kern in einer bestimmten Richtung (um-)magnetisiert wird, um festzustellen: war der Kern in der anderen Richtung magnetisiert oder nicht? Beim Ummagnetisieren ergibt sich nur dann eine große Magnetflußänderung, wenn vorher der Ferritkern den entgegengesetzten magnetischen Zustand eingenommen hatte. Diese Änderung ist meßbar (Trafo-Prinzip).

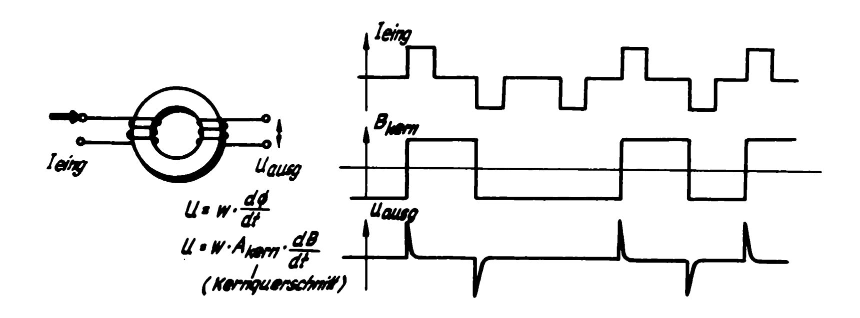


Abb. 31: Aufsprech- und Abhörvorgang am Ferritkern (Prinzip-Vorgang)

Es ist also zu erkennen, daß beim "Lesen" (Abfragen des Kerns nach dem magnetischen Zustand) an einer Abfrage- oder Lesewicklung ein Impuls auftreten kann. War der Kern vorher schon im 0-Zustand, so tritt kein Flußwechsel und daher auch kein Ausgangssignal auf. War der Kern anfangs im L-Zustand, so wird er auf 0 geschaltet und der Flußwechsel erzeugt einen Impuls in der Ausgangswicklung.

Durch Nullschalten wird abgelesen,

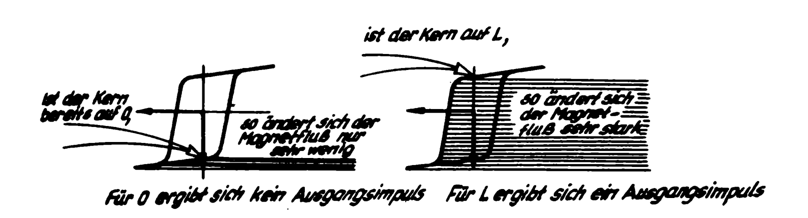
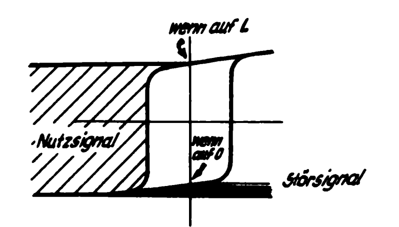


Abb. 32: Nullschalten eines Ferritkernes

Aus der Hystereseschleife ist aber zu erkennen, daß bei "Nullschalten" des Kerns auch dann ein geringer Flußwechsel und damit ein geringer Impuls entsteht, wenn der Zustand vorher bereits "O" war.
Die Hystereseschleife soll also so rechteckig als möglich sein, damit ein gutes Nutz- Stör-Verhältnis gegeben ist.



9.2. Prinzip der FK-Matrix

Für einen Speicher ist es erforderlich, aus der Vielzahl der in einer matrixförmigen Ferritkern-Speicherebene untergebrachten Magnetkerne stets nur einen bestimmten Teil auswählen zu können, d. h., nur die für das zu speichernde oder herauszulesende Wort betreffende Zeile bzw. Spalte anzurufen. Um dies realisieren zu können, müssen 2 Faktoren näher betrachtet werden:

1. Die Ferritkern-Matrix beinhaltet je nach erforderlicher Speicherkapazität einer Rechenanlage eine bestimmte - meist recht hohe - Zahl an Einzelkernen. Es ist nun schwierig, um Hunderte oder Tausende ringförmig geschlossener Magnetkerne Wicklungen zu legen. Meist sind auch die verwendeten Kerne so klein, daß kein Platz für eine Wicklung vorhanden ist. Deshalb greift man hier auf die bereits behandelte Tatsache $H = I \cdot w$ zurück, d. h., daß eine geringere Windungszahl durch höhere Ströme ausgeglichen werden kann. Es genügt also, durch einen Ferritkern nur einen Leiter (bzw. eine Leiterschleife) zu legen, wenn der Schaltstrom genügend groß ist.

2. Die Kerne der Speicherebene sind auf Leiter aufgefädelt, die ihrerseits in einem Rahmen befestigt sind. Die Leiter sind in Koordinatenform angeordnet, und an den jeweiligen Kreuzungspunkten befindet sich je ein Ferritkern. Da also die sehr kleinen Kerne zum Umschalten nur geringe Stromstärken benötigen, ist es möglich, diese geringe Umschaltstärke durch die Stromimpulse zu erzeugen, die durch zwei Leiterschleifen - nämlich Zeilenleiter und Spaltenleiter - fließen. Dabei werden die Stromstärken durch einen Leiter so gewählt, daß der Stromfluß eines Leiters allein einen Ferritkern nicht kippen kann ("Halbwählimpuls"). Aber ein Ferritkern kippt dann - und nur dann - in einen entgegengesetzten magnetischen Zustand, wenn durch beide Leiter gleichzeitig der entsprechende Strom fließt. Man spricht hier von einem sogenannten Koinzidenzverhalten: gleichzeitiges Vorhandensein 2er Halbwählimpulse ermöglicht das magnetische Umschalten eines Kernes.

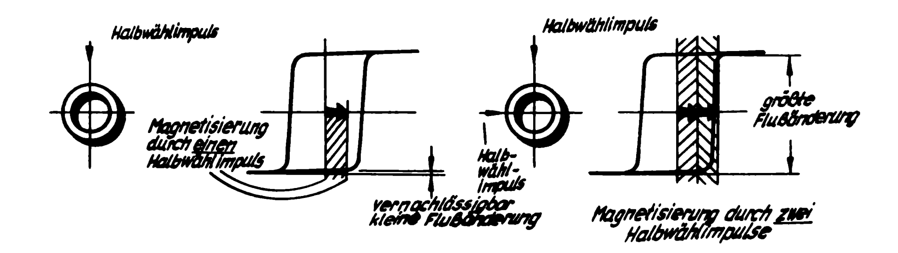


Abb. 33: Koinzidenzverhalten

Aus dem Betrachten geht also hervor, daß in einer Ferritkern-Speicherebene jeder Einzelkern nicht mit Wicklungen belegt ist, sondern die für die Ferritkerne erforder-

lichen Schaltströme über Leitungen (sog. Treiberleitungen) fließen, wobei die Leitungen koordinatenförmig als Zeilen- und Spaltenleitungen angeordnet sind. Die Magnetkerne sind also lediglich auf ein Drahtgitter aufgefädelt; es wird nur der Kern im Schnittpunkt einer gewählten Zeile und Spalte geschaltet.

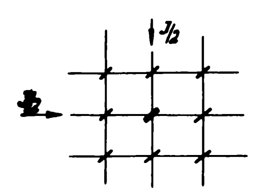


Abb. 34: Prinzip der Kernauswahl

Zum Lesen eines Kernes wird eine Leseleitung durch alle Kerne gemeinsam hindurchgeführt. Das beim Schalten eines Kernes in ihr induzierte Signal ist dann natürlich sehr schwach und muß anschließend verstärkt und zu einem im Rechner verwertbaren Impuls geformt werden. Gleichzeitig muß der Leseverstärker Signale unterschiedlicher Polaritäten verwerten können, was aus Abb. 35 hervorgeht.

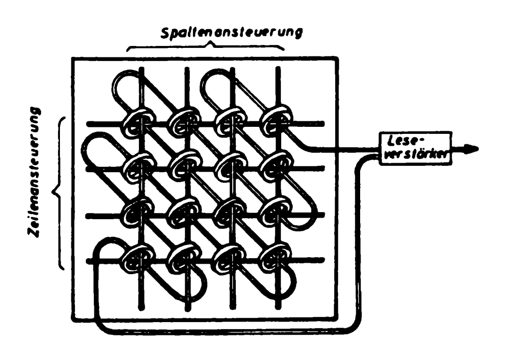
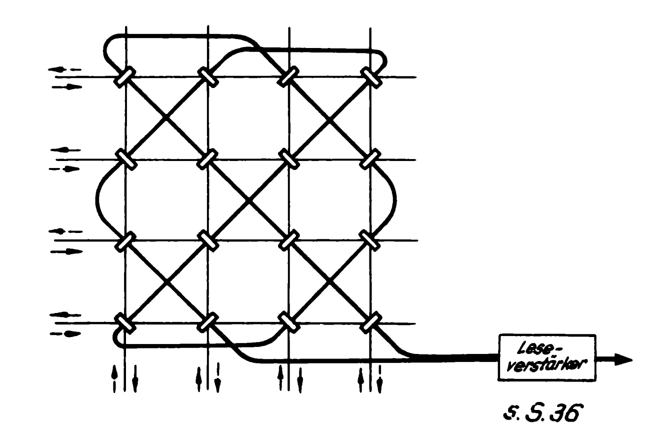


Abb. 35: Speicherebene mit Leseleitung (Prinzip)

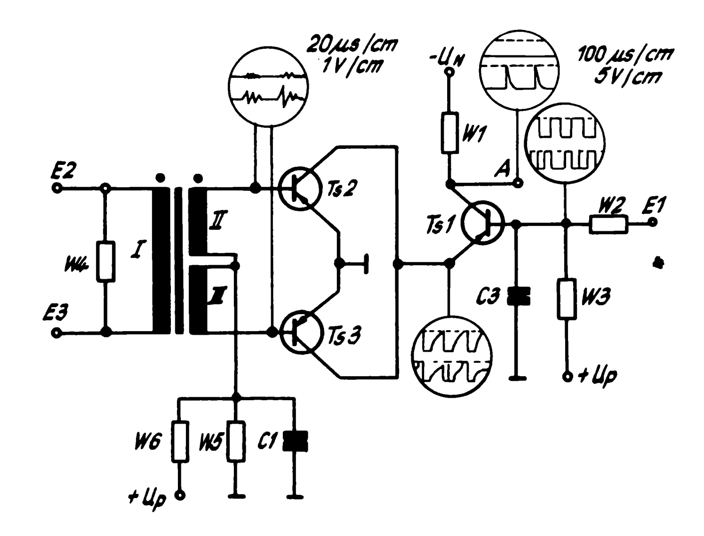
Auf der Leseleitung entstehen aber auch Störsignale. Die Halbwählimpulse für Zeile und Spalte beeinflussen nicht nur den ausgewählten Kern, sondern außerdem eine Reihe anderer Kerne in der Art, daß infolge der Dachschräge der Ferritkern-Hystereseschleife kleine Störsignale in der Leseleitung zusätzlich induziert werden. Die Leseleitung ist demzufolge so in der Ebene anzuordnen, daß die entstehenden Störspitzen sich weitestgehend kompensieren (vergl. Abb. 35 und 36).
Da andererseits infolge des nur sehr schwachen Signals die Leseleitung nach außen hin sehr störempfindlich ist, sind ihr Anfang und Ende dicht nebeneinander - möglichst verdrillt - dem Leseverstärker zuzuführen. Das ist aber nur nach dem Anordnungsprinzip Abb. 36 möglich. Nach diesem Prinzip sind die Speicherebenen gefädelt.



—► Treiberstrom bei "Schreiben"

-► Treiberstrom bei "Lesen"

Abb. 36: Anordnung der Kerne in der EB-Speicherebene



Wiedergabeverstärker (Leseverstärker)

Speicherebene

Eine gesamte Speicherebene besteht wegen der Tetradendarstellung aus 4 Teilebenen, da jedes Bit getrennt gespeichert werden muß. Die Anordnung ist aus Abb. 37 zu entnehmen.

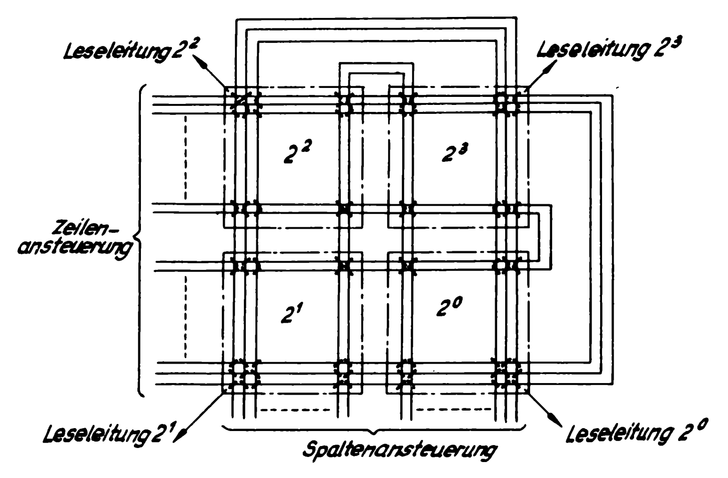


Abb. 37: Anordnungen in der Speicherebene (Treiberleitungen)

Die Treiberleiter der gesamten Speicherebene sind jeweils in Reihe geschaltet. Wenn ein Impuls auf zwei Treiberleitungen (Zeile und Spalte) auftritt, so wird in allen Teilebenen die gleiche Speicherzeile ausgewählt.
Jeder Teilmatrix besitzt eine eigene Leseleitung. Entstehende Ausgangsimpulse werden auf alle 4 Leitungen gleichzeitig dem Rechner (bzw. den Hörverstärkern) zugeführt - also tetradenparallele Darstellung.

Die Übertragung eines Wortes in die Magnetkernspeicherebene ist etwas schwieriger. Beim Lesen oder Löschen - "Löschen" ist ja Lesen, nur ohne Verwertung der Ausgangsimpulse - werden alle ausgewählten Ferritkerne durch die Treiberströme auf 0 geschaltet. Das Schreiben ist demgegenüber mehr ein Auswahlvorgang. Es werden nur die Kerne umgeschaltet, in die ein "L" eingespeichert werden soll. Die anderen Kerne bleiben im Nullzustand. Es soll angenommen werden, daß alle Kerne anfangs auf "0"

stehen, d. h. der Speicher ist gelöscht. Dann gilt für den Einschreib-Vorgang: Die Zeilen- und Spalten-Treiberleitungen können nicht unterscheiden, ob im Kern eine 0 oder ein L gespeichert werden soll. Sie wollen alle Kerne auf L schalten. Deshalb wird ein weiterer Leiter benötigt, der dafür sorgt, daß nur diejenigen Kerne der Matrixebene, in die L geschrieben werden soll, einen Umschaltimpuls in voller Größe erhalten.

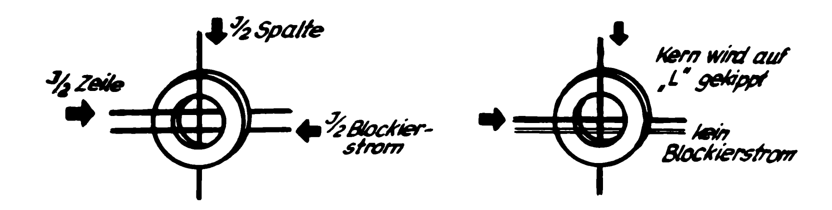
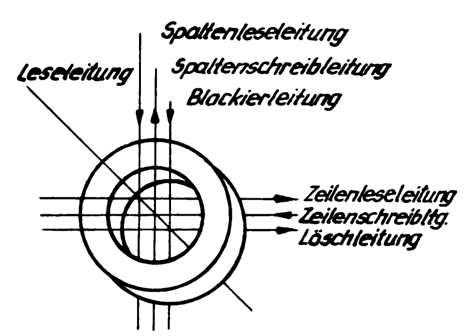


Abb. 38: Wirkung einer Blockierleitung

Diese weitere Leitung - als "Blockierleitung" bezeichnet - verhindert das Umschalten der anderen Kerne, die eine "0" speichern sollen (s. Abb. 38). Jede dieser Blockierleitungen ist durch sämtliche Kerne der jeweiligen Teilmatrixebene gezogen.

Die Zeile- und Spalten-Treiberleitungen dienen also lediglich zur "Adressenauswahl"; sie wählen einen Kern in jeder Teilebene aus und versuchen, diesen beim Lesen auf 0 bzw. beim Schreiben auf L zu schalten. Die Blockierleiter sorgen dafür, daß beim Schreiben die Tetrade in richtiger Wertigkeit gespeichert wird. Soll in einem Kern eine "0" eingeschrieben werden, so führt die Blockierleitung der entsprechenden Wertigkeit einen Strom I/2 entgegen dem Treiberstrom für Zeilenauswahl und der Kern wird nicht gekippt.

Für die Gesamtlöschung wird im Ferritkernspeicher der EAA eine besondere Leitung verwendet.Sie läuft durch alle Kerne des Speichers.Damit alle Kerne in den Zustand "0" kippen,muß in der Löschleitung ein Strom fließen, der so groß ist,wie die Ströme der Spalten- und Zeilenleseleitungen zusammen.Durch einen Ring laufen aus diesem Grunde 7 Leitungen.

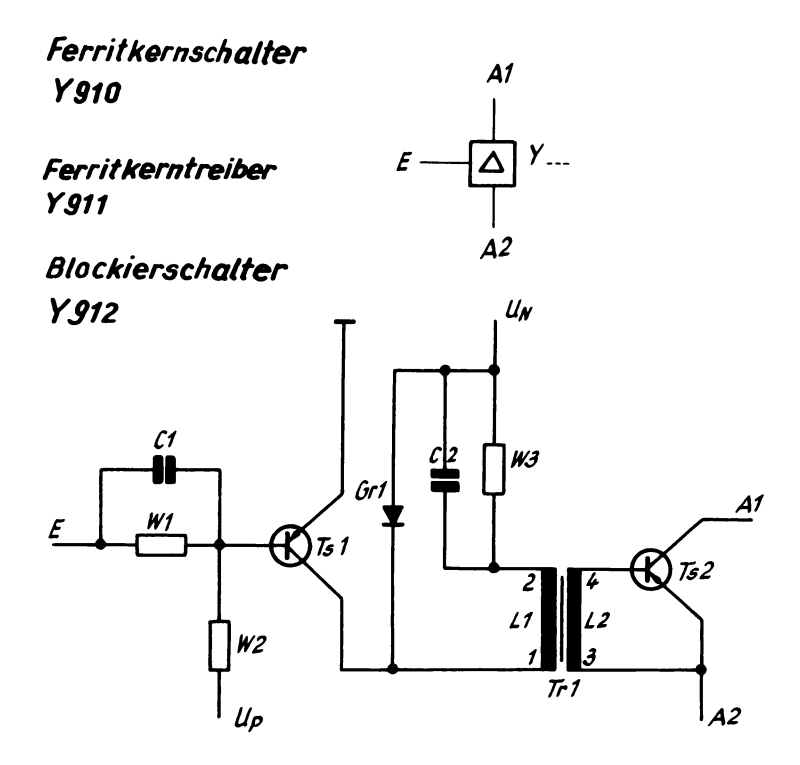


Wie bereits erwähnt, so sitzen alle Kerne mit gleicher Wertigkeit innerhalb einer Steckeinheit auf einer gemeinsamen Hör- und Leseleitung. Die β Enden der jeweiligen Leseleitung sind aus Impedanz- und Störschutz-Gründen durch Widerstände überbrückt.

9.3. Ferritkerntreiber - Ferritkernschalter - Blockiertreiber

Bei der Ansteuerung einer Zeile arbeiten beim EAA immer ein Ferrritkerntreiber und ein Ferritkernschalter zusammen.
Der Ferritkerntreiber steuert gleichzeitig 2 Zeilen an. Die Entscheidung, welche der beiden Zeilen angesteuert wird, bringt der Ferritkernschalter.
Die Spaltenauswahl arbeitet nach dem gleichen Prinzip wie die Zeilenauswahl.
Zum Einschreiben gehört noch der Blockiertreiber.

Alle 3 Baustufen sind in ihrer technischen Ausführung gleich.



Mit den vorhandenen Grundkenntnissen (Negator, Verstärker, Übertrager) kann die Arbeitsweise dieser Schaltung, in Verbindung mit der folgenden Abbildung, erkannt werden.
Über spezielle Einzelheiten wird im Lehrgang noch einmal kurz eingegangen.

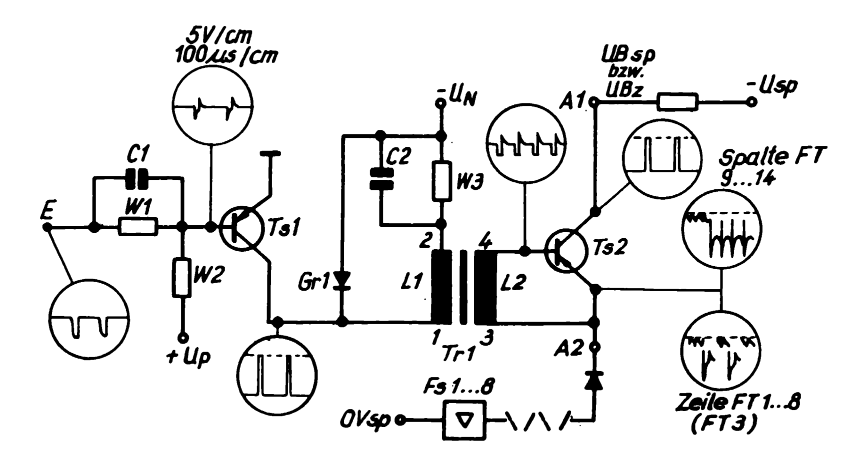


Bild 9: Ferritkerntreiber

10. Netzteile

10.1. Einleitung

Die Stromversorgung der elektronischen Abrechnungsautomaten der Baureihe übernehmen zwei im wesentlichen gleichartig aufgebaute Netzteile, die sich als Belastungsgründen nur in der Dimentionierung einiger Schaltungen unterscheiden. Dies sind das Netzteil der 382 und das Netzteil der 385.
Die Netzteile erzeugen z. T. stabiliserte Spannungen, da Netzspannungsschwankungen von + 10 % und - 15 % die Funktionssicherheit des Rechners nicht beeinträchtigen dürfen.
Die Einspeisung kann je nach Vorschalttrafo mit allen Netzspannungen vorgenommen werden. Ohne Vorschalttrafo kann nur mit 220 V gearbeitet werden. Beim Rechner wurde die 12 V - Reihe und bei den elektromagnetischen Baugruppen - 42 V zugrunde gelegt.

10.2. Spannungen des Netzteiles

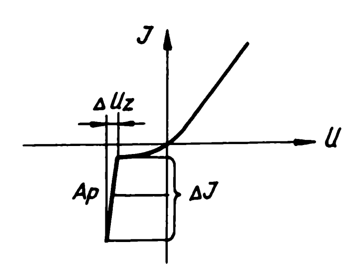
Die Netzteile erzeugen eine stabilisierte Plusspannung + 12 V/ 0,25 A für den Rechner zwei stabilisierte Minusspannungen - 12 V/3 A für den Rechner und - 12 V/1 A für den Speicher und eine Spannung von - 42 V/3 A für die elektromagnetischen Bauelemente.

10.2.1. Erzeugung der Plusspannung U_p

Die Plusspannung wird im Netzteil der 382 der geringen Leistung und des Aufwandes wegen mit Hilfe einer Z-Diode stabilisiert, im Netzteil der 385 jedoch mit Hilfe einer einfachen Transistorregelung.

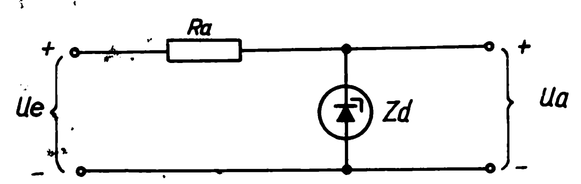
10.2.1.1. Prinzip der Stabilisierung mit Z-Diode

Bei der Stabilisierung mit einer Z-Diode wird der Lawiner- und der Feldeffekt ausgenutzt. Diese Effekte treten bei einer bestimmten, an die Diode angelegten Sperrspannung, der Z-Spannung auf. Bei dieser Spannung sinkt der Sperrwiderstand der Diode plötzlich stark ab, sie "bricht durch".
Dieser "Durchbruch" führt jedoch nicht wie bei nomalen Dioden zur Zerstörung, sondern stellt das Charakteristikum der Z-Diode dar. Nach dem "Durchbruch" bleibt bei weiterer Steigerung des Stromes die Spannung fast unverändert, d. h. stabil. Folgende Abbildung stellt die Kennlinie einer Z-Diode dar:



Ap - Arbeitspunkt
U - Spannungsschwankung
I - Stromschwankung

Die Prinzipschaltung für die Stabilisierung mit Z-Diode sieht im allgemeinen folgendermaßen aus:



Ra - Arbeitswiderstand
Zd - Z-Diode
U_e - Eingangsspannung
U_a - Ausgangsspannung

10.2.1.2. Realisierung der Plusspannungserzeugung im Netzteil der 382

Von den Trafowicklungen S3 und S4 wird eine Spannung von etwa 30 V abgegriffen und dem Gleichrichter Gr3 zugeführt. Der Kondensator C2 glättet die in Einweggleichrichtung gewonnene Spannung. C8 fängt kurzzeitig Spannungsspitzen ab, da diese für die Regelung zu schnell sind. W3 soll die Gleichrichterdiode Gr3 vor Überlastung (z. B. beim Einschalten), und somit vor der Zerstörung schützen. W4 stellt den Arbeitswiderstand der Zd1 dar. Über Zd2 wird die Plusspannung abgegriffen und dem Ausgang zugeführt. Der Ruhekontakt r1R sorgt dafür, daß bei Überlastung die Plusspannung U_p unterbrochen wird.

10.2.1.3. Realisierung der Plusspannungserzeugung im Netzteil der 385 (siehe Seite 44)

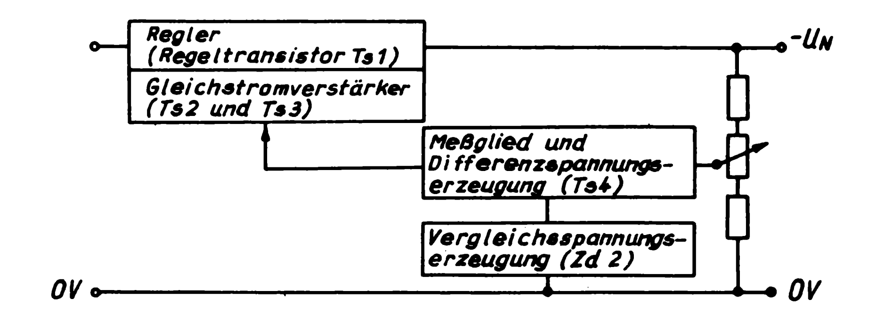
Die den Trafowicklungen S3 und S4 entnommene Spannung wird von der Zweiweggleichrichtung mit den Dioden Gr3 und Gr17 gleichgerichtet. W35 ist der Schutzwiderstand, der die Gleichrichter vor zu hohen Einschaltströmen schützen soll. C2 glättet die pulsierende Gleichspannung. Die Regelung selbst erfolgt durch den Transistor Ts12. Mit Hilfe der Z-Diode Zd1, die von der stabilisierten Spannung U_N gespeist wird, wird eine konstante Bezugsspannung an die Basis des Regeltransistors Ts12 gelegt, die ihn auf einen bestimmten Widerstandswert einregelt. Wird nun die Ausgangsspannung größer, so sinkt die Steuerspannung U_{BE} des Ts12 und der Widerstand des Ts12 wird größer. Dadurch fällt über der Kollektor-Emitter-Strecke eine größere Spannung ab. Die Ausgangsspannung bleibt nahezu konstant.
Sinkt die Ausgangsspannung, so tritt der umgekehrte Regelvorgang ein.
W3 ist der Arbeitswiderstand der Z-Diode Zd1. W4 dient der Entlastung des Ts12. C8 dient wiederum der Glättung von Impulsen, da diese für die Stabilisierung zu schnell sind.

10.2.2. Erzeugung der Minusspannungen

Die Minusspannungen - U_N und - U_{Sp} werden im Netzteil über zwei getrennte, jedoch im Prinzip gleichartige, Regelschaltungen stabilisiert.

10.2.2.1 Prinzip der Stabilisierung durch Regelung

Die Stabilisierung der Minusspannungen des Rechners erfolgt mit Hilfe einer Transistorregelung, deren Prinzip folgendes Blockschaltbild darstellt:



Ein Teil der Ausgangsspannung wird über einen Spannungsteiler (W16, W17, W18) abgegriffen und einem Meßglied zugeführt, welches im wesentlichen nur aus einer einfachen Verstärkerstufe (Ts4) besteht. Dort wird diese Spannung mit der von der Z-Diode Zd2 stabilisierten Hilfsspannung verglichen und die Differenz verstärkt. Diese Differenzspannung liegt über einem zweistufigen Stromverstärker

(Ts 2 und Ts 3) an der Basis des Regeltransistors (Ts1) an und steuert über ihn die Ausgangsspannung, d. h. steuert den Regeltransistor so, daß sein Widerstand größer oder kleiner wird und damit die Ausgangsspannung konstant bleibt.
Die Transistoren Ts1, Ts2 und Ts3 sind als Verbundtransistor geschaltet, wobei der Ts1 den Haupttransistor und Ts 2 und Ts3 die Anpassungstransistoren darstellen. Diese Transistorschaltung, die auch als Kaskade bezeichnet wird, wirkt wie ein Transistor mit neuen Parametern.
Die Stromverstärkung dieser Schaltung wird sehr groß, da sich die Stromverstärkungsfaktoren (B-Werte) multiplizieren. Durch die Kollektorschaltung der Transistoren wird die vorhergehende Stufe (Ts4) kaum belastet. Es findet eine Widerstandsanpassung statt.
(Kollektorschaltung: großer Eingangswiderstand, kleiner Ausgangswiderstand)

10.2.2.2. Realisierung der Erzeugung der Minusspannung U_N im Netzteil der 382

Von den Trafowicklungen S1 und S2 wird jeweils eine Wechselspannung von etwa 17 V abgegriffen, und den Gleichrichtern Gr1 und Gr2 zugeführt. Die aus der Zweiweggleichrichtung gewonnenen negativen Halbwellen werden dem Ladekondensator C3 zugeführt, wodurch die pulsierende Gleichspannung geglättet wird. Über die drei wegen der hohen Last parallel geschalteten Ruhekontakte r1R des Kurzschlußrelais wird diese Spannung über die Sicherung Si2 dem eigentlichen Regeltransistor Ts1 zugeführt, der wegen der hohen Steuerleistung von einem zweistufigen Gleichstromverstärker Ts2 und Ts3 angesteuert wird. W6 ist hierbei ein Schutzwiderstand für Ts3. W10 und W11 sind die Arbeitswiderstände der Transistoren Ts3 und Ts2 und verschieben die Arbeitspunkte dieser Transistoren in ein Gebiet größerer Steilheit.
Nach dem Ts1 liegt die Spannung am Ausgang - U_N. Über den Spannungsteiler W16, W17, W18 wird ein Teil der Ausgangsspannung abgegriffen und der Basis des Vergleichstransistors Ts4 zugeführt. Die abgegriffene Spannung kann mit Hilfe des regelbaren Widerstandes W17 geregelt werden und dient der Regelung als Istspannung. Der Vergleichstransistor Ts4 stellt im wesentlichen nur eine Spannungsverstärkerstufe dar, deren Spannungen jedoch alle stabilisiert sind, um eine hohe Güte der Regelung zu erreichen.
Die Emitterspannung wird über die Z-Diode Zd2 stabilisiert, die Kollektorspannung und die Basisvorspannung werden über Zd3 stabilisiert. Wird nun die Basisvorspannung mit der von dem Teiler W16, W17, W18 abgegriffene Spannung überlagert, so bildet sich eine Differenzspannung, die den Ts4 ansteuert. W5 ist der Arbeitswiderstand des Ts4. Da der Kollektor des Ts4 mit der Baiss des Ts3 verbunden ist, liegt die verstärkte Ausgangsspannung auch an der Regelkaskade an und regelt so die Ausgangsspannung.
Sinkt die Ausgangsspannung, so wird über den Spannungsteiler eine geringere Spannung an die Basis des Ts4 gelegt. Letztere wird positiver und der Ts4 gesperrt mehr. Die Spannung an der Basis des Ts3 wird dadurch negativer und der Ts3 wird mehr geöffnet. Ebenso verhält es sich mit den Transistoren Ts2 und Ts1. Da der Ts1 in Reihe liegt, wird durch die Verringerung seines Widerstandes die Ausgangsspannung größer und zwar derart, daß sie sich auf einen bestimmten Wert, den man mit dem W17 einstellen kann, einregelt. Erhöht sich die Ausgangsspannung, so tritt der umgekehrte Regelvorgang ein.
Die Hilfsspannung, die von der Z-Diode Zd3 stabilisiert wird, wird den Trafowicklungen S5 und S6 entnommen und mit Gr5 gleichgerichtet.
Der hinter dem Gleichrichter Gr5 liegende Schutzwiderstand W1 sollden maximalen Einschaltstrom begrenzen, während der Ladekondensator C4 die aus der Einweggleichrichtung gewonnene Spannung glättet. W2 ist der Arbeitswiderstand der Z-Diode Zd3. Die Z-Diode Zd2 wird von der stabilisierten Ausgangsspannung gespeist.

Hier bildet W14 den Arbeitswiderstand.
Da diese Regelung kurzzeitig Spannungsspitzen nicht erfassen kann, dafür zu träge ist, wurde C6 vorgesehen. Dieser Kondensator fängt kurzzeitige Impulse auf und glättet sie - verbessert damit die Güte der Stabilisierung.
Um den Regelvorgang recht schnell abklingen zu lassen und die Schwingneigung des Regelsystems zu unterdrücken, wurde C1 an die Basis des Ts3 gelegt. Mit W9 wird der Ts1 entlastet.

10.2.2.3. Realisierung der Erzeugung der Minusspannung U_N im Netzteil der 385

Die Schaltung der U_N-Spannungserzeugung im Netzteil der 385 weist nur wenige Veränderungen zu der des Netzteiles der 382 auf. Prinzipiell bleibt die Schaltung gleich, jedoch der höheren Belastung wegen wurde dem Transistor Ts1 ein zweiter Transistor, der Ts13, parallel geschaltet. Dadurch kann diese Spannung stärker beansprucht werden, denn die Parallelschaltung läßt eine größere Last zu. W34 entspricht in seiner Funktion dem W9, dient also der Entlastung des Ts13. W37 und W38 dienen der Fixierung eines gemeinsamen Arbeitspunktes beider Transistoren.

10.2.2.4. Realisierung der Minusspannung U_{Sp} im Netzteil der 382 und 385

Dem Ladekondensator C3 wird neben der - U_N-Spannung auch die - U_{Sp}-Spannung entnommen und dem Regelteil über die Sicherung Si13 zugeführt.
Bis auf verschiedene Abweichungen der elektrischen Daten, die z. T. durch die geringe Leistungsabgabe dieser Schaltung entstanden sind, arbeitet diese Regelung wie unter 2.2.1 beschrieben.
'Als Meßeinrichtung dient wiederum ein Teiler, bestehend aus W20, W21, W22 und W23, der im Gegensatz zum oberen Regelteil wegen des relativ hochohmigen Thermistors W23 ebenfalls hochohmig ausgelegt werden muß. Der parallel zu W21 liegende Thermistor liegt auf der Speicherplatte 1 und soll, da die Ferritkerne mit der Temperatur ihre magnetischen Eigenschaften ändern, mit einer Spannungsänderung diesen Einflüssen entgegenwirken.
Mit zunehmender Temperatur nimmt der Widerstandswert des Thermistors ab. Die Basis des Ts9 wird wie bei ansteigender Ausgangsspannung negativer, wodurch der Spannungsverstärker Ts9 mehr Strom zieht, Die Basis von Ts8 wird positiver und somit über Ts7 der Regeltransistor Ts6 mehr gesperrt, wodurch sich die Ausgangsspannung vermindert.
Der entgegengesetzte Regelvorgang setzt ein, wenn die Ausgangsspannung oder die Speichertemperatur abnimmt. Mit den Potentiometern W21 und W22 wird bei Inbetriebnahme des Netzteiles sowie bei Austausch desselben die gewünschte Ausgangsspannung nach Einstellvorschrift eingestellt. Die gleichen Einstellungen sind beim Wechseln der Platte 1 bzw. des darauf befindlichen Thermistors vorzunehmen.
C9 setzt auch hier die Regelgeschwindigkeit und gleichzeitig die Schwingneigung des geschlossenen Regelkreises herab.
Mit der Lampe Gl1 soll die Betriebsbereitschaft des Netzteiles angezeigt werden.

10.2.3. Erzeugung der Speisespannung für Schreibwerk, Locher und Leser

Für die Speisung der elektromagnetischen Bauelemente wird eine weitere, nicht stabilisierte Spannung benötigt. Diese Spannung (- 42 V) wird aus einem zweiten Transformator gewonnen. Wie der Trafo für die stabilisierten Spannungen ist auch dieser sowohl primär mit Si4 als auch sekundär mit Si5 abgesichert. Die von den Trafowicklungen S1, S2, S4, S5 abgegriffenen Spannung (S1 und S4 etwa 32,5V, S2 und S5 etwa 2,3 V) wird mit Hilfe einer Zweiweggleichrichterschaltung (Gr13 und Gr14) gleichgerichtet und mit C12 geglättet. Über die zwei parallelgeschalteten Kontakte des Verzögerungsrelais R2 erhält man nach der Verzögerung, d. h. nach

dem Anziehen des Relais 2 am Ausgang die - 42 V. Während der Verzögerung, d. h., solange das Relais 2 nicht angezogen hat, dient der W36 als Lastwiderstand. Benötigt man die - 42 V-Spannung sofort nach dem Einschalten, (z. B. bei Lochbandmaschine), so benutzt man die Spannung - 42 V'. Diese Spannung wird vor den Kontakten des Relais 2 abgenommen und liegt somit sofort nach dem Einschalten des Netzes am Ausgang.

10.3. Überlastungsschutz

Um das Netzteil vor kurzfristigen Überlastungen zu schützen, sind verschiedene Maßnahmen notwendig.

10.3.1. Schutz der Minusspannung des Rechners

Mit dem an der Basis von Ts4 liegenden Widerstandes W15 soll eine völlige Sperrung der Spannungsverstärkerstufe verhindert werden. Eine völlige Sperrung würde eine Überlastung des Ts1 zur Folge haben. Weiterhin würde der Arbeitswiderstand von Zd2 mit einem Gleichrichter Gr7 gebrückt, um bei einem Absinken der Ausgangsspannung unterdie Z-Spannung in gleicher Weise wirksam zu werden, nämlich die Emitterspannung des Ts4 zu vermindern. Die Diode Gr8 hat hierbei nur den Sinn, einen Stromfluß über W15 nach - U_N zu verhindern.

10.3.2. Schutz der Minusspannung des Speichers

Wie bei der Minusspannung des Rechners W15, soll der W19 bei der Speicherspannung in gleicher Weise wirksam werden, wenn die Ausgangsspannung zu weit absinkt. Die Abnahme der Spannung - U_{Sp} würde ohne W19 einen Anstieg des Basispotentials des Ts9 in positiver Richtung zur Folge haben und schließlich diese völlig sperren. Die Basis von Ts8 würde hierdurch negativer werden und damit der Transistor Ts6 verstärkt über Ts8 und Ts7 mehr Strom ziehen und schließlich diesen Leistungstransistor überlasten.
Außerdem soll Gr10 am Emitter von Ts9 bewirken, daß die Z-Spannung von Zd2 bei Überlastung mit absinkt, Gr11 erfüllt die gleiche Funktion wie Gr8, sie verhindert einen Stromfluß über W19 nach - U_{Sp}.

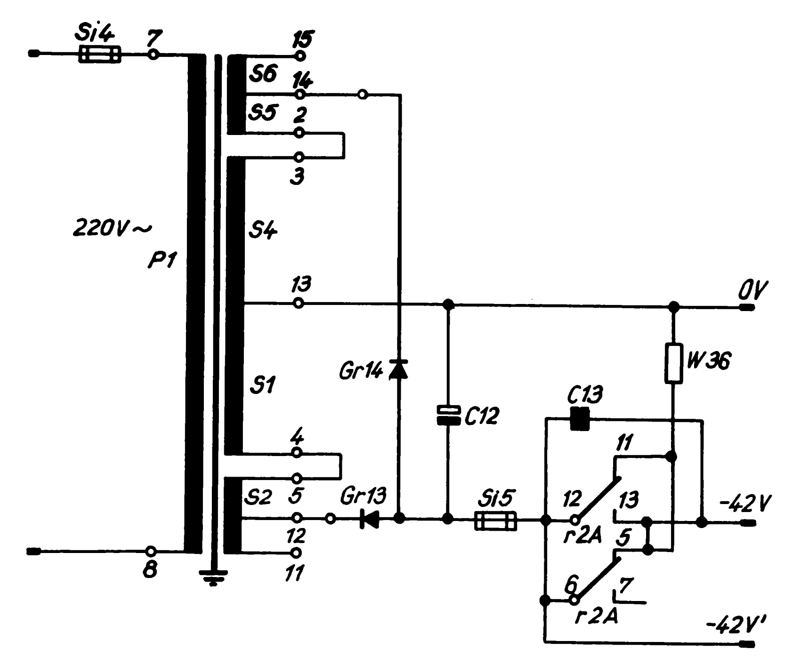
10.3.3. Schutz der positiven Betriebsspannung

Die Parallelregelung, hier die Z-Diode stabilisierung hat den Vorteil Kurzschlußsicher zu sein, da laut Kennlinie mit abnehmendem Strom der Z-Widerstand ansteigt und somit die Z-Spannung zusammenbricht. Die Stabilisierung fällt aus und die gesamte Spannung liegt über dem Arbeitswiderstand W4, der auch im wesentlichen den maximalen Kurzschlußstrom bestimmt.

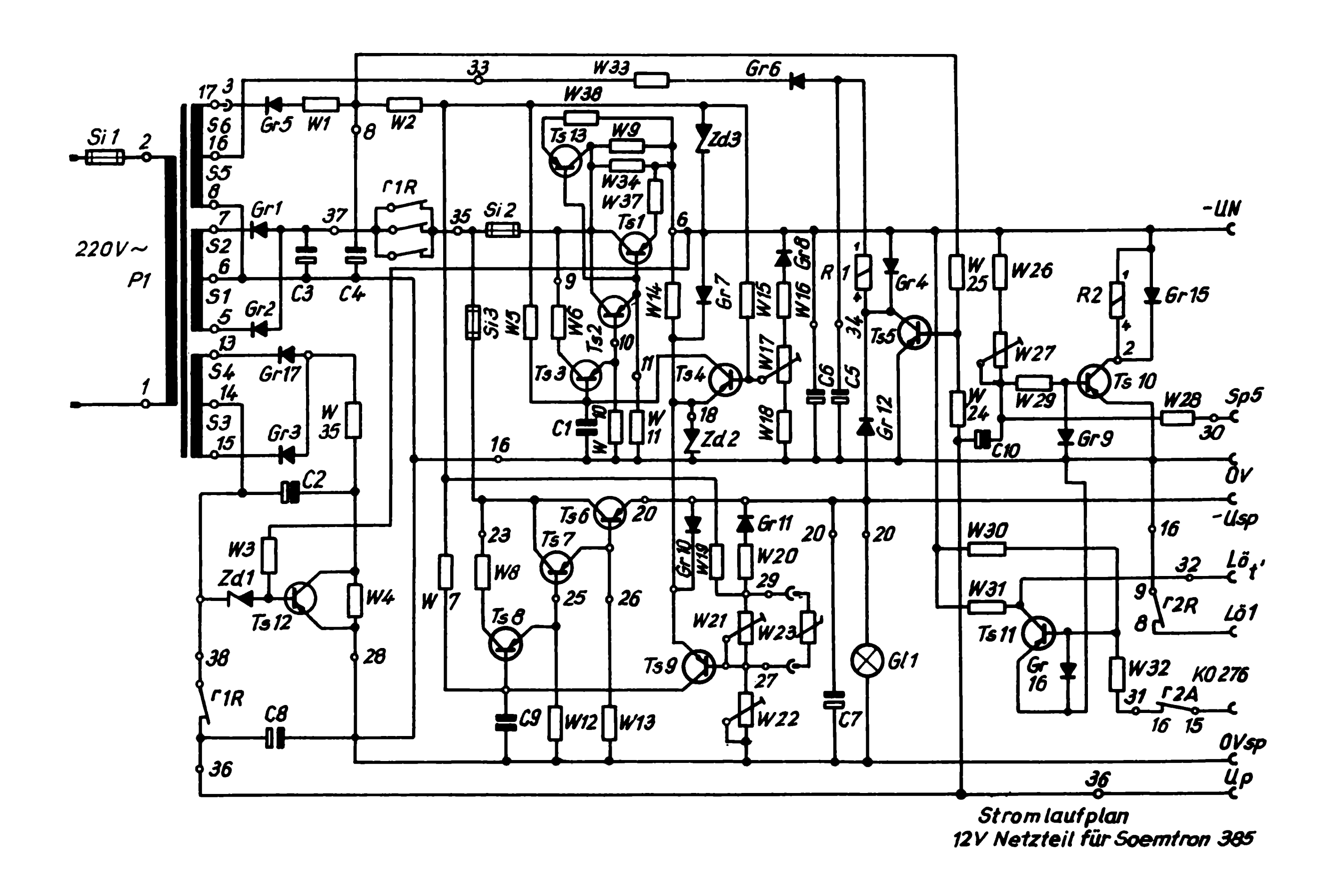
10.4. Kurzschlußsicherung

Um das Netzteil gegen Dauerüberlastung und Kurzschluß zu schützen, ist das Relais R1 eingesetzt worden, das über Ts5 oder Gr4 bzw. Gr12 angesteuert wird. Zur Speisung ist hier eine geringere zusätzliche Spannung erforderlich, die der Wicklung S5 (etwa 8,5 V) entnommen wird. Über Gr6 erfolgt die Gleichrichtung und mit C5 die Glättung, so daß etwa 10,5 V am Relais R1 anliegen.
Fällt nun die Spannung U_N oder - U_{Sp} durch Kurzschluß aus, so ist Gr4 oder Gr12 in Durchlaßrichtung und läßt das Relais R1 ziehen, wodurch beide Regelteile aber auch die Plusspannung direkt abgeschaltet werden. Als Folge dieser Abschaltung wird über R2 (Verzögerungsrelais) noch die 42 V-Spannung abgeschaltet. An der Basis des Ts5 liegt ein Spannungsteiler, der so eingestellt ist, daß der Transistor gesperrt bleibt. Bei Kurzschluß der Plusspannung liegt W24 an Null, die Basis wird negativ und damit der Transistor leitend. R1 zieht und bewirkt die Abschaltung der Arbeitsspannung.

10.5. Netzteilabbildungen 382 - 385



Stromlaufplan 42V Netzteil für 382/385



Stromlaufplan 12V Netzteil für Soemtron 385